

# Paintxyw

Pintant la realitat mitjançant mons virtuals

TFG Usabilitat i interfícies

**Autor:**

Ivan Martí Nieto

**Consultor:**

Judit Casacuberta Bagó

**Professor:**

Enric Mor Pera

**Data lliurement:**

11/1/2016

*El projecte PaintXYX, Pintan la realitat mitjançant entorns virtuals està protegit amb llicència Creative Commons Reconeixement - NoComercial (by-nc). Per tant es permet la creació d'obres derivades sempre que no es faci ús comercial. Tampoc es pot fer servir l'original amb finalitats comercials.*



*"Tota la tecnologia tendeix a crear un nou entorn humà ... Els entorns tecnològics no són merament passius recipients de persones, són processos actius que reconfiguren a les persones i altres tecnologies similars."*

*Herbert Marshall McLuhan*

## Abstract

En 1985, tothom corria per anar al cinema a veure una de les pel·lícules més esperades. En aquell any, s'estrenava la pel·lícula *Back to the future*<sup>1</sup>, una pel·lícula que gairebé coneix tothom per les seves grans referències i prediccions per al futur. Moltes les va encertar però d'altres no es va apropar gents a la realitat. Cotxes voladors, monopatins flotants, sabatilles auto ajustables, etc. Però que ha de veure tot això amb la realitat virtual? De fet, aquesta pel·lícula té un munt de referències cap al món digital i la virtualitat (RV i RA)<sup>2</sup>. Un exemple el tenim en la famosa escena en la qual apareix un tauró que representa la pel·lícula imaginària *Jaws 19*. En aquesta escena, veiem com un tauró tridimensional s'apropa per l'esquena al protagonista donant-li l'ensurt de la seva vida. Aquestes són moltes de les referències que podem trobar en les pel·lícules de ciència-ficció futurista, però en tenim altres exemples com ara *Blade runner*, o pel·lícules d'animació japonesa com ara *Ghost in the shell*, on la realitat virtual és un element base a tractar.

Cada vegada més, l'obsessió que hi ha per unir els dos mons (tangible/digital) es fa notòria. O podem veure en aparells com el Leap motion, Space glasses, Oculus rift, Virtuix omni, kinect. Tots aquests aparells han anat apareixent en aquest últim any, i s'estan presentant cada vegada més noves tecnologies, considerats com a productes d'innovació i gran suport, tan com pel públic com per empreses reconegudes. Tots aquests aparells poden canviar els nostres hàbits quotidians, per portar-nos més a prop d'aquelles pel·lícules cyberpunk que tan lluny veiem fa uns anys. Un exemple clar, el podem trobar en la interacció amb la televisió, en la que amb l'existència de smartTV, deixem de banda el control a distància, per interactuar amb gestos i sons.

---

<sup>1</sup> **Wikipedia.** *Back to the future.* [EN] [https://es.wikipedia.org/wiki/Back\\_to\\_the\\_Future](https://es.wikipedia.org/wiki/Back_to_the_Future)

<sup>2</sup> Abreviacions de realitat virtual i realitat augmentada.



## Agraïments

Vull aprofitar aquestes línies per agrair a totes les persones que m'han ajudat i m'han donat el suport al llarg del procés de desenvolupament del projecte de fi de Grau Multimèdia.

Especials agraïments a la meva família, pel suport, ànims i l'ajuda que m'han brindat per tirar endavant el projecte i no rendir-me, sense ells no hagués pogut tirar endavant i arribar a aconseguir les meves metes.

Agraïments als meus amics pels ànims i les col·laboracions en els tests d'usabilitat, aportacions personals i el somriure que necessitava.

Pels companys del Grau Multimèdia, que hem compartit les nostres emocions, des dels riures fins als moments de tensió.

Finalment donar els agraïments als professors del Grau Multimèdia. A Judit Casacuberta per suportar el bombardeig de correus i per donar-me molt bons consells, i a Llogari Casas per valorar-me i donar-me la pila de positivisme que necessitava.

Per tot això, vull donar les gràcies.

# Índex

1. Introducció .....	12
2. Descripció .....	15
3. Resum executiu .....	17
4. Objectius .....	19
4.1. Objectius principals .....	19
4.2. Objectius secundaris .....	20
5. Marc Teòric/ Escenari .....	21
5.1. La societat, Intel·ligència col·lectiva i Internet .....	21
5.2. La tecnologia: Que hi ha al darrera?.....	23
5.3. Noves tecnologies, noves preocupacions i realitat virtual .....	25
5.4. Positivisme: Realitat virtual i realitat augmentada.....	26
6. Continguts. Sistema d'interacció.....	27
7. Metodologia.....	28
7.1. Origen de la idea .....	28
7.2. Desenvolupament .....	28
7.3. Electrònica.....	29
7.4. Base de dades.....	30
6.5. Programació .....	30
8. Arquitectura del projecte .....	31
8.1. Sistema modular .....	31
8.2. Base de dades.....	32
9. Plataforma de desenvolupament.....	33
9.1. Centre de treball .....	33
9.2. Aplicació mòbil .....	33
9.3. Pinzell virtual .....	34
10. Planificació .....	35
10.1. El temps disponible .....	35
10.2. Tasques i organització .....	35
10.3. Tasques Disseny i diagrama de Gant.....	36
10.4. Tasques Producció i diagrama de Gant .....	38
10.5. Tasques finalització i entrega, altres tasques, i diagrama de Gant.....	40
11. Procés de treball .....	42
10.1. Viabilitat: Com saber si el projecte és assumible?.....	42
11.2. Els primers dissenys .....	44
11.3. Sistema de comunicació [ARDUINO/ANDROID] .....	45
11.4. Estudi del tractament de dades [ARDUINO/ANDROID].....	45
11.5. Conceptes: pitch, yaw, roll, angles Euler .....	47
11.6. Filtres de soroll i anàlisi.....	48

11.7. Primer prototip APP [ANDROID].....	49
11.8. Construcció i programació del pinzell [ARDUINO].....	53
11.9. Lectura de dades APP [ANDROID] .....	54
11.10. Construcció final del pinzell [ARDUINO].....	57
11.11. Construcció punter virtual [ANDROID].....	58
11.12. Finalització de la construcció del cursor [ANDROID] .....	62
11.13. Estat de desenvolupament.....	63
11.14. Primeres proves de prototip amb <i>cardboard</i> .....	64
11.15. Inici construcció APP mòbil [ANDROID].....	64
11.16. Conversions i càlculs de proporcions .....	65
11.17. Construcció de la interfície - Portada [ANDROID] .....	66
11.18. Interacció de la portada [ARDUINO/ANDROID] .....	67
11.19. Creacions de modes " <i>Nou box</i> " [ANDROID] .....	68
11.20. Creacions de modes - Codi Processing [ANDROID] .....	71
11.21. WALKMODE.....	74
11.22. Creacions de modes - menús d'accés ràpid [ANDROID] .....	76
11.23. Creació de la interfície - Menú avançat [ANDROID] .....	78
11.24. Base de dades.....	79
11.25. Geolocalització [ANDROID] .....	80
12. APIS/Llibreries .....	82
12.1. Android SDK .....	82
12.2. Processing: Ketai Library .....	82
12.3. Processing: Android Mode .....	83
12.4. Arduino: GY-80 .....	83
13. Diagrames de connexions Arduino.....	84
13.1. Esquema .....	84
13.2. Esquema protoboard.....	85
13.3. Esquema PCB.....	85
14. DCU, usabilitat, accessibilitat i prototipat .....	86
14.1. Recursos i requisits.....	86
14.2. Perfils.....	88
14.3. Organitzar i estructurar .....	89
14.4. Disseny i prototipatge .....	90
14.5. Lo-Fi - Sketches.....	91
14.6. Hi-Fi - Sketches .....	92
14.7. Posicionament.....	94
15. Estudi d'ergonomia .....	95
16. Seguretat.....	98
16.1. Aplicació mòbil .....	98
16.2. Pinzell físic Arduino .....	98

16.3. Base de dades.....	98
17. Test usabilitat.....	99
17.1.-Interacció simple.....	100
17.2. Interacció Avançada.....	100
17.3. Geolocalització.....	101
17.4. Interfície.....	101
17.5. Conclusió Test usabilitat.....	102
18. Versions de l'aplicació.....	103
18.1. Alpha 1.0.....	103
18.2. Alpha 1.0.1 fins a 1.9.9.....	103
18.3. Beta 2.0.0 fins a 2.2.1.....	104
18.4. Final 3.0.0.....	105
19. Requisits de instal·lació.....	107
19.1. Aplicació mòbil.....	107
19.2. Pinzell Arduino.....	107
20. Instruccions instal·lació.....	108
21. Optimitzacions.....	110
21.1. Primer nivell d'optimitzacions de codi [ANDROID/ARDUINO].....	110
21.2. Segon nivell d'optimitzacions de codi [ANDROID/ARDUINO].....	111
22. Bugs, errors i correccions.....	116
22.1. Primers problemes.....	116
22.2. Problemes bluetooth [ARDUINO].....	117
22.3. Memory leak.....	118
22.4. Problemes animacions portada.....	119
23. Projeccions de futur.....	121
24. Pressupost projecte: Cost d'investigació i desenvolupament.....	124
24.1. Pressupost detallat.....	125
25. Anàlisi de mercat/Benchmarking.....	126
25.1. Colouring in Disney's augmented reality.....	126
25.2. Tilt Brush.....	127
25.3. Magic Leap.....	128
26. Opinió personal: El futur tecnològic, la societat i PaintXYZ.....	129
26.1. Altres tecnologies.....	130
26.2. Razer Hydra.....	130
26.3. Kinect i Hololens.....	130
26.4. El futur de les noves tecnologies.....	131
26.5. Que pot oferir PaintXYZ?.....	132
27. Conclusió.....	133

Annex 1: Lliurables del projecte.....	135
Annex 2: Codi font (Extractes).....	136
Annex 3: Guia d'estils.....	142
Annex 4: Guia d'usuari.....	144
Annex 5: Col·laboracions amb la comunitat Processing.....	147
Annex 6: Imatgeria Pinzell físic: Disseny tridimensional i real.....	148
Annex 7: Imatgeria app PaintXYZ.....	151
Annex 8: Relació assignatures i projecte.....	152
Annex 9: Possibles dissenys del sistema.....	157
Annex 10: Diari del procés de treball.....	162
Annex 11. Enllaços a vídeos del projecte.....	183
Annex 12: Documents generats per el test usabilitat amb usuaris.....	184
Annex 13: Vídeo presentació.....	196
Annex 14: Bibliografia.....	198
Annex 15: Vita.....	203



## Figures i taules

<i>Il·lustració 1: Screenshot del mode localització PaintXYZ</i> .....	16
<i>Il·lustració 2: Representació dels entorns segons Javier Echeverría</i> .....	22
<i>Il·lustració 3: "Arduino UNO", "GY-80" i "MPU-6050"</i> .....	24
<i>Il·lustració 4: Components i relacions del sistema final PaintXYZ</i> .....	31
<i>Il·lustració 5: Esquema base de dades i les seves relacions</i> .....	32
<i>Il·lustració 6: Interfície Processing i Xperia Z3</i> .....	34
<i>Il·lustració 7: IMU Crius MultiWii SE 2.5. I</i> .....	43
<i>Il·lustració 8: Disseny del sistema actual'</i> .....	44
<i>Il·lustració 9: Primera prova de comunicació bluetooth</i> .....	45
<i>Il·lustració 10: relació gravetat, eixos de coordenades i angles</i> .....	46
<i>Il·lustració 11: Screenshot d'una app Android que mostra gràficament les</i> .....	48
<i>Il·lustració 12: Screenshot del entorn virtual amb objectes 3D i imatges de la càmera</i> .....	50
<i>Il·lustració 13: Representació de la càmera virtual i el centre d'atenció</i> .....	51
<i>Il·lustració 14: Representació de la càmera virtual i el centre d'atenció en angle 45º</i> .....	51
<i>Il·lustració 15: Imatge Java Decompiler de la classe Ketai</i> .....	55
<i>Il·lustració 16: Imatge de Eclipse i compilació de la llibreria Ketai</i> , .....	56
<i>Il·lustració 17: Imatge ClassEditor, editor hexadecimal</i> .....	56
<i>Il·lustració 18: Imatge del port sèrie Arduino</i> , .....	57
<i>Il·lustració 19: Funcionament calibratge pinzell</i> .....	59
<i>Il·lustració 20: Imatge on es pot observar els problemes de tall de Strings</i> .....	60
<i>Il·lustració 21: Explicació visual dels problemes de talls</i> .....	61
<i>Il·lustració 22: Estat del desenvolupament del projecte fins aquest punt</i> .....	63
<i>Il·lustració 23: Imatge esquerra: Cardboard. Imatge Dreta: funcionament del primer prototip</i> .....	64
<i>Il·lustració 24: Portada aplicació PaintXYZ Android</i> .....	66
<i>Il·lustració 25: Procés de connexió bluetooth i càrrega de l'aplicació mòbil</i> .....	67
<i>Il·lustració 26: Imatge dels problemes de talls visuals en la representació de l'entorn virtual</i> .....	69
<i>Il·lustració 27: Imatge del codi i problema solucionat modificant el clipping plane</i> .....	70
<i>Il·lustració 28: Estructura de les classes per al mode Línia</i> .....	71
<i>Il·lustració 29: Funcionament del mode Línia</i> .....	72
<i>Il·lustració 30: Botons i interacció necessària per utilitzar WALKMODE</i> .....	74
<i>Il·lustració 31: Exemples d'interacció WALKMODE</i> .....	75
<i>Il·lustració 32: Funcionament de la interacció amb la interfície dels diferents modes</i> .....	77
<i>Il·lustració 33: Codi on es pot veure les diferents funcions principals de la càrrega dels modes</i> .....	77
<i>Il·lustració 34: Codi d'activació del menú avançat</i> .....	78
<i>Il·lustració 35: Menú avançat</i> .....	78
<i>Il·lustració 36: Funcionament de la BD</i> .....	79
<i>Il·lustració 37: Interfície mode Geolocalització</i> .....	80
<i>Il·lustració 38: Directori de treball</i> .....	89
<i>Il·lustració 39: Notes ràpides de Windows 8.1/10 sobre el treball final de grau</i> .....	89
<i>Il·lustració 40: Sketches inicials dels menús aplicació mòbil sistema geolocalització</i> .....	91
<i>Il·lustració 41: Sketches inicials dels menús aplicació mòbil. Sistema de menús boxes</i> .....	91

<i>Il·lustració 42: Col·locació dels dits en el pinzell físic.</i>	95
<i>Il·lustració 43: menú ajustes-&gt;Seguretat Android 5.1.1</i>	108
<i>Il·lustració 44: menú Ajustos-&gt;Opcions de desenvolupador Android 5.1.1</i>	109
<i>Il·lustració 45: Interfície Processing 3.0.1</i>	109
<i>Il·lustració 46: Optimitzacions mitjançant Threads.</i>	110
<i>Il·lustració 47: Entorn virtual del sistema</i>	111
<i>Il·lustració 48: Representació esfera segons la quantitat de costats</i>	112
<i>Il·lustració 49: Optimitzacions de codi per a Threads i funcions split</i>	113
<i>Il·lustració 50: Canvi de representació de línies amb line() a vertex()</i>	113
<i>Il·lustració 51: Control de sincronització de dades</i>	114
<i>Il·lustració 52: Millora de precisió dels angles Euler mitjançant l'aplicació de Filtres Kalman.</i>	115
<i>Il·lustració 53: Concepte de disseny final</i>	116
<i>Il·lustració 54: Canvi de configuració del firmware bluetooth</i>	118
<i>Il·lustració 55: Imatge on es poden veure els problemes visuals de la portada</i>	119
<i>Il·lustració 56: Imatge extreta de Wikipedia</i>	130
<i>Il·lustració 57: Imatge extreta de la notícia "Xataka</i>	131
<i>Il·lustració 58: Resposta del creador de Android Mode, en referent al problema de la llibreria.</i>	147
<i>Il·lustració 59: Preguntes i resolució sobre Android Mode</i>	147
<i>Il·lustració 60: Concepte de disseny 1</i>	157
<i>Il·lustració 61: Concepte de disseny 2</i>	158
<i>Il·lustració 62: Concepte de disseny 3</i>	159
<i>Il·lustració 63: Concepte de disseny 4</i>	160
<i>Il·lustració 64: Concepte de disseny 5</i>	161

## 1. Introducció

Ens passem hores i hores davant d'un ordinador, Smartphone, smart TV i un etc de components electrònics connectats a la xarxa, també anomenats "Internet de les coses"<sup>3</sup>. És difícil veure actualment un món sense Internet, un objecte sense possibilitats de ser connectat i cada vegada volem més utensilis es puguin comunicar.

*Però d'on ve aquesta obsessió?*

Cada vegada més, s'incrementa aquesta necessitat. Estem interessats per les evolucions tecnològiques i les restriccions que es tenien antigament, es van trencant ràpidament en sons de la imaginació, limitada en el passat per un gran forat tecnològic. Certament, si haguéssim que representar aquesta situació, seria la d'una gran bretxa que ens impedia fer avançar la nostra imaginació per portar-la a la realitat, i els avenços tecnològics serien els ponts que els permetrien arribar a la meta desitjada.

*Quin és el límit dels avenços tecnològics?*

*Ivan Sutherland*<sup>4</sup> es podria dir que va ser el creador del concepte de mons virtuals, el pare d'Internet i dels polígons per a entorns 3D. Va ser la primera persona a concebre la idea d'un entorn virtual i el primer de crear les bases del significat de realitat virtual. Parlem dels anys 1965 i passant pel famós projecte "Espasa de Damocles"<sup>5</sup> i altres sistemes domèstics com Virtual Boy<sup>6</sup> de Nintendo en 1995, ha perdurat la intenció de concepció de mons digitals immersius. Encara que fins ara, tots han sigut un fracàs amb en la que només recordem la seva intencionalitat.

---

<sup>3</sup> **Wikipedia.** Internet de las cosas [ES]. [https://es.wikipedia.org/wiki/Internet\\_de\\_las\\_cosas](https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_cosas)

<sup>4</sup> **Wikipedia.** Ivan Sutherland [ES]. [https://es.wikipedia.org/wiki/Ivan\\_Sutherland](https://es.wikipedia.org/wiki/Ivan_Sutherland)

<sup>5</sup> **Espasa de Damocles:** Projecte de realitat virtual, creat per Ivan Sutherland. [ES] [http://cv.uoc.edu/annotation/8ebfc11d61d9fb2feed41b629265e634/463715/PID\\_00150738/modul\\_1.html#w26aab7b7c21b7](http://cv.uoc.edu/annotation/8ebfc11d61d9fb2feed41b629265e634/463715/PID_00150738/modul_1.html#w26aab7b7c21b7)

<sup>6</sup> **Wikipedia.** Virtual Boy. [ES] [https://es.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_Boy](https://es.wikipedia.org/wiki/Virtual_Boy)

Però tot això són simples records. La tecnologia ha fet evolucionar aquests conceptes, i els ponts ja han sigut construïts sobre la bretxa tecnològica. Només queda crear.

O podem confirmar gràcies al naixement de les famoses ulleres de realitat virtual Oculus Rift<sup>7</sup>, finançades amb Crowdfunding<sup>8</sup> i finalment comprades per Facebook. La gran acceptació del públic i el gran interès de les grans empreses com ara Sony, Samsung, Google o HTC, estan tornant a portar a la realitat el concepte perdut de la realitat virtual.

Però aquest interès conjunt, no és exclusiu de la RV. Existeix una altra tecnologia que està acompanyant la creació i immersió de mons virtuals. Es tracta de la realitat augmentada. Ambdós comparteixen tecnologies, però no significat.

Es pot dir que estic obsessionat amb aquestes dues tecnologies, i cada vegada o estic més. Però aquesta obsessió no ve exclusivament d'un capritx tecnològic o personal, portat per la meua passió pel cyberpunk, la informàtica i noves tecnologies, sinó de com pot fer canviar la forma de veure la nostra societat i el món tal com ho està fent actualment els Smartphones. Qui diria deu anys enrere, que els mòbils es tornarien pràcticament la nostra cartera virtual, càmera, ordinador, correu?

El boom tecnològic que s'ha produït en aquests últims deu anys m'ha fet emocionar i preguntar-me cap a on arribarem amb les noves tecnologies i com poden canviar la forma de veure les coses, i el més important, si veurem algun dia la fusió del món digital amb el món real.

---

<sup>7</sup> **Oculus rift.** Ulleres de realitat virtual originàriament finançades amb crowdfunding i finalment comprades per Facebook <https://www.oculus.com/en-us/>

<sup>8</sup> **Wikipedia.** Crowdfunding [ES] <https://es.wikipedia.org/wiki/Micromecenazgo>

Per això quan preguntava *però d'on ve aquesta obsessió?* Les respostes podrien incloure el perquè la realització d'aquest projecte i no un altre. Amb el naixement de noves tecnologies, hem creat noves necessitats i conceptes que abans no existien. Noves formes de comunicació, xarxes socials, els prosumidors<sup>9</sup>, noves formes de publicitat, nous reptes i un fil que enllaça la cultura de tots els països del món. La realitat augmentada no deixa de ser un nou sistema que pot amplificar/millorar tots aquests conceptes i ideals.

*Fins a on arribaran totes aquestes tecnologies?* En un futur tinc clar que projectes com les Google glass<sup>10</sup> o Hololens<sup>11</sup>, seran instruments d'ús comuns com o són actualment els Smartphones. De fet la següent evolució dels mòbils actuals sigui possiblement aquestes nous aparells. Per tant la realitat augmentada i virtual, serà el pa de cada dia. El tindrem en les finestres, cotxes, ulleres, televisors, ulleres de realitat virtual, aparadors, simuladors, jocs, etc.

Per tant el futur que ens presenta, ve acompanyat per la realitat augmentada, realitat virtual i els avenços sobre les IA. Per això m'he volgut centrar en la investigació i desenvolupament de noves tecnologies sobre la realitat augmentada/virtual.

---

<sup>9</sup> **Prosumidor:** concepte que prové del mot angles prosumer i que es refereix a la persona que produeix i consumeix. <https://es.wikipedia.org/wiki/Prosumidor>

<sup>10</sup> **Google glass:** Ulleres de realitat augmentada de Google. [ES] [https://es.wikipedia.org/wiki/Google\\_Glass](https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Glass)

<sup>11</sup> **Hololens:** Ulleres de realitat augmentada de Microsoft. [ES] <http://es.gizmodo.com/windows-holographic-microsoft-ensenael-futuro-virtual-1680925245>



## 2. Descripció



**PaintXYZ** és un sistema creat amb Arduino i Processing (low cost), que permet crear un entorn virtual en una localització real i *pintar* en aquest entorn generant objectes tridimensionals superposats en un entorn real, fent ús d'un *Smartphone*, un *Cardboard*<sup>12</sup>, un pinzell físic creat amb *Arduino*<sup>13</sup> i sensors de detecció de posicionament. El sistema es comunica fent ús d'una connexió **Bluetooth**, permetent una precisió de fins a 100 punts per segon.

Els objectes tridimensionals que podem realitzar en l'entorn virtual són:

- Pintar l'entorn virtual mitjançant l'eina **Mode Pinzell**, amb diferents opcions com ara color, gruix i efectes de diferents tipus.
- Crear objectes tridimensionals com esferes, cubs i plans.
- Texturitzar a partir d'imatges que tinguem en la memòria del mòbil.

A més, podem jugar en la profunditat de coordenades per a realitzar diferents efectes visuals.

El sistema permet canviar els modes de visualització a realitat augmentada o realitat virtual, guardar la ubicació i les nostres creacions o netejar la pantalla.

Per al moviment per l'entorn virtual, tenim diversos mètodes:

- **Interpretació dels sensors del mòbil:** Que ens permet realitzar moviments de curta distància a partir de moviments de cap en diferents direccions.

---

<sup>12</sup> **Cardboard (Google Cardboard):** Estructura de cartó o compostat d'altres materials, que permet transformar el nostre Smartphone en un dispositiu per visualitzar realitat augmentada i virtual. [ES] <https://www.google.com/get/cardboard/>

<sup>13</sup> **Arduino:** Software i hardware amb microrontrador programable [ES] <https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>

- **Moviment a partir del pinzell físic:** Mitjançant l'ús de botons i el moviment roll del pinzell físic per a realitzar els diferents moviments.

Per a la interacció del sistema es fa servir un pinzell físic equipat amb sensors de 10 DOF (acceleròmetre, giroscopi, magnetòmetre i sensors de pressió) per a detectar moviments de rotació i botons per a l'interacció directe.

En la geolocalització<sup>14</sup> del sistema mostra un llistat de "**box**" creats per usuaris en un mapa a més de la localització actual. Si seleccionem un box de la llista, el sistema ens indicarà com arribar amb diferents indicacions, una vegada arribada a la localització l'aplicació ens avisarà que ja podem obrir el "**box**" i procedir a la seva visualització.



Il·lustració 1: Screenshot del mode localització PaintXYZ. Es pot veure la ubicació dels boxes, la nostra ubicació i part de la interfície.

<sup>14</sup> **Geolocalització:** Coneixement de l'ubicació geogràfica en mode automàtic. [ES] <http://www.definicionabc.com/geografia/geolocalizacion.php>

### 3. Resum executiu

#### **Nom comercial**

PaintXYZ

#### **Model de negoci**

Es tracta de crear una aplicació especialment pensada per a prosumidors. Els usuaris generen i comparteixen les seves creacions a nivell mundial. L'eina pot ser feta servir com a element publicitari (catàleg virtual, panells publicitaris virtuals, indicadors o events publicitaris, etc) o personal (grafitis, àlbums de fotos, declaracions d'amor, etc).

#### **Mercat**

Orientat al qualsevol usuari, prosumidors i empreses que vulguin fer ús de l'eina com a element publicitari.

#### **Competència**

Actualment no existeix una competència directe per a aquesta aplicació, degut al auge en procés d'aquestes tecnologies. Les aplicacions semblants, no estan pensades per a ser utilitzades en exteriors, permetent obtenir avantatge en la comercialització del producte.

#### **Inversió i projecció econòmica**

Les inversions inicials en el desenvolupament del projecte, més la posada en marxa de la comercialització es situa en els 12.242 €, incloent la producció dels pinzells per a una tirada inicial.

#### **Resum comercial**

**PainXYZ** es un prototip d'interacció d'entorns virtuals en temps real, fent ús de les últimes tecnologies a cost reduït. El sistema agafa com a base les eines de creació de continguts quotidianes adaptades a entorns de realitat augmentada i realitat virtual combinats amb les últimes tecnologies de geolocalització global, permeten crear grafitis virtuals fins a la possibilitat de inserir objectes tridimensionals en entorns reals.

#### **Productes i serveis**

Els producte ofert per PaintXYZ es basa en un pinzell físic capaç de detectar la posició de gir de la mà i interactuar amb la interfície de l'aplicació i una aplicació mòbil per a la creació de continguts.

Els serveis oferts per a PaintXYZ es basa en la centralització de la base de dades per al magatzem de localitzacions i l'espai per pujar imatges, vídeos i altres continguts necessaris per a la creació i producció dels "box" virtuals.

#### **Plans de Marketing**

Crear i minimitzar costos de producció del pinzell físic com reducció de dimensions, per fer-lo més portable. Produir una web de venda i de contacte per als usuaris. Utilitzar els medis publicitaris de moda, com ara els *Youtubers* o prosumidors coneguts.

### Anàlisi DAFO

<b><u>Debilitats [anàlisi interna]</u></b>	<b><u>Amenaces [anàlisi externa]</u></b>
<p>-Limitacions de potència per a l'aplicació mòbil.</p> <p>-Degut a un possible interès massiu, les expectatives generades pels usuaris no es poden correspondre amb la realitat del que ofereix l'aplicació.</p> <p>-Tecnologia amb algunes debilitats, com input lag (latència entre dispositius) o precisió del sistema.</p>	<p>-L'auge tecnològic pot portar al naixement incremental de competència en el mateix àmbit, provocant una bombolla tecnològica.</p> <p>-Necessària una inversió inicial elevada per al desenvolupament dels pinzell físic.</p> <p>-Facilitat de replicar la idea per part de la competència.</p> <p>-La possibilitat d'un rebuig tecnològic per part dels usuaris.</p>
<b><u>Fortaleses [anàlisi interna]</u></b>	<b><u>Oportunitats [anàlisi externa]</u></b>
<p>-Els usuaris són els mateixos encarregats de produir contingut de l'aplicació, facilitant la expansió comercial.</p> <p>-Capacitat de l'aplicació de ser adaptada a diferents àmbits com ara publicitari, personal, comercial, cultural, artístic, etc.</p> <p>-Al ser una novetat tecnològica pot provocar un gran interès comercial.</p>	<p>-Mercat amb poca competència permeten una avantatge estratègic.</p> <p>-Auge de les tecnologies i el interès comercial pel "Internet de les coses".</p> <p>-Accessible a un gran públic gracies a la gran comercialització dels Smartphones.</p>

## 4. Objectius

### 4.1. Objectius principals

- Ampliar coneixements i endinsar-me en la investigació i desenvolupament de projectes amb realitat augmentada i realitat virtual.
- Realitzar una connexió sense cables entre pinzell físic i mòbil.
- Dissenyar i construir el cos del pinzell PaintXYZ.
- Crear un prototip usable de pinzell virtual PaintXYZ.
- Realitzar un sistema de RA de baix cost.
- Construir l'entorn virtual del sistema.
- Programar les comunicacions entre el Pinzell, base de dades i el visor.
- Dotar al sistema la capacitat de selecció de color dins d'una paleta de colors RGB, efectes varis, gruix, etc.
- Realització d'una estructura de programa optimitzada per la estabilitat de imatges per segon.
- Optimitzar el programa per al magatzem de dades (base de dades).
- Dotar de la capacitat de generar entorns poligonals a partir de selecció de punts en l'entorn virtual.
- Capacitat de texturizar l'entorn poligonal.



## 4.2. Objectius secundaris

- Dotar al prototip un sistema de precisió per punts a l'hora de realitzar les pinzellades.
- Afegir la capacitat al pinzell de llegir el color d'un objecte real amb un sensor.
- Introduir al sistema la capacitat d'afegir més d'un visor virtual per veure l'entorn de realitat virtual.
- Afegir la capacitat de realitzar fotografies o agafar-les de la galeria, per introduir-les l'entorn de realitat virtual, i pintar sobre elles.
- Instal·lar sensors d'ultra sons per millorar la precisió i detecció d'objectes en l'entorn real.
- Afegir un sistema d'alta precisió per coordenades per a la generació de mons permanents virtuals.

## 5. Marc Teòric/ Escenari

### 5.1. La societat, Intel·ligència col·lectiva i Internet

Si comparéssim la societat actual amb la societat de fa 50 anys, és prou evident que podem trobar diferències socials, culturals i fins i tot personals. Potser es pot pensar que la diferència d'anys és una variable important dins de l'equació d'aquest plantejament, però si analitzéssim els anys noranta o els inicis del segon mil·lenni, podem extreure una conclusió semblant amb la comparació anterior.

És evident que tot ha canviat, i que cada vegada som menys conscients d'aquests canvis a causa de canvis generacionals i la fàcil adaptació. Una evidència clara d'aquesta afirmació, la podríem trobar en l'ensenyança.

Antigament, quan professors demanaven la realització d'un treball d'investigació, els estudiants havien d'anar a la biblioteca i treure les seves pròpies conclusions, basades en la lectura de llibres amb possibilitat que el seu contingut fos "obsolet", a més de les llargues hores de realitzacions d'estudis i treballs posteriors. Al final es recompensava els mètodes de cerca i els resultats obtinguts.

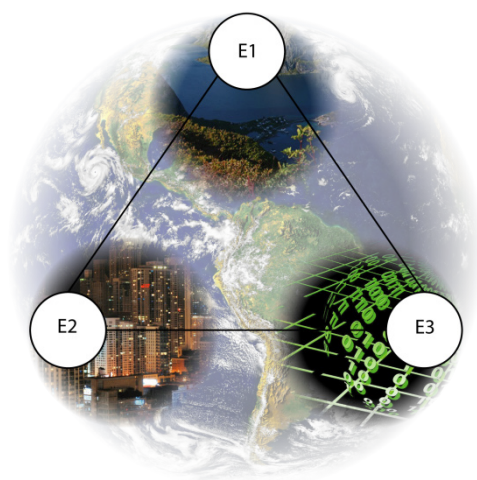
Actualment disposem d'una biblioteca d'accés mundial anomenada Internet i pràcticament tot l'esforç de la cerca ha sigut suprimit per obtenir els mateixos o millors resultats en menor temps i de forma més accessible.

Fins ara tots aquests canvis han sigut adaptats en els nostres afers de forma progressiva, però cada vegada estem més preparats per a canvis més abruptes a causa

de la nostra **acceptació tecnològica**<sup>15</sup>. Per tant, tenim la clara evidència del fil que uneix totes aquestes tecnologies i que ens fa menys susceptibles: Internet o Big Data<sup>16</sup>.

Javier Echeverría<sup>17</sup>, planteja en la seva tesi "*Telópolis y la vida cotidiana*"<sup>18</sup> la diferenciació d'entorns socials en diferents nivells, anomenats E1, E2 i E3. En els dos primer entorns, són els entorns amb una existència més continuada i essencials per arribar fins on ens trobem actualment. Aquests dos primers entorns, l'entorn natural i l'entorn urbà, es tracta d'entorns físics relacionats amb la percepció i els sentits. En canvi el tercer entorn, es podria dir que acaba de néixer, i es tracta d'un espai artificial en contra d'un espai físic dels dos entorns anteriors.

*"El conjunt d'innovacions com la multimèdia o l'hipertext, configura el tercer entorn i permeten superar els límits naturals de la transmissió i de la recepció d'estímul." Javier Echeverría*



Il·lustració 2: Representació dels entorns segons Javier Echeverría.

<sup>15</sup> **Modelo de aceptación tecnológica:** un estudio de la influencia de la cultura nacional y del perfil del usuario en el uso de las TIC [ES][PDF] <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v20n36/20n36a14.pdf> [data de consulta: 01/9/2015]

<sup>16</sup> **Wikipedia.** Big Data [https://es.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](https://es.wikipedia.org/wiki/Big_data)

<sup>17</sup> **Javier Echeverría** és investigador de la Fundació Basca de Ciència Ikerbasque, adscrit a la Universitat del País Basc (Departament de Sociologia II) i Catedràtic d'Universitat en excedència del Institut de Filosofia del CSIC. [http://www.euskonews.com/0530zkb/elkar\\_es.html](http://www.euskonews.com/0530zkb/elkar_es.html)

<sup>18</sup> Tesis plantejada per Javier Echeverría on analitza i diferencia els diferents entorns actuals i com afecten

Per tant Echeverría ens proposa que l'existència del tercer entorn o entorn digital, ens apropa cap a una transformació en la comunicació física sensorial per la comunicació digital i Internet com a unificació d'aquests canvis. Cada vegada estem més connectats a la gran xarxa i som més dependents d'ella, modificant la comunicació cultural i social, generant l'anomenada intel·ligència col·lectiva<sup>19</sup>.

Possiblement ens trobem en l'inici d'un nou canvi social i tecnològic important.

## 5.2. La tecnologia: Que hi ha al darrera?

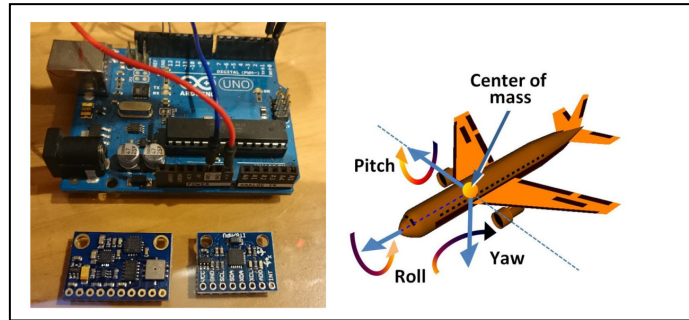
La metxa es va iniciar en l'any 2012 amb l'anunci del Crowdfunding d'unes ulleres de realitat virtual, anomenades Oculus rift. El gran suport del públic va fer que en poques hores el producte arribés a la meta proposada pels seus creadors, superant substancialment la xifra demanada. Vist que l'acceptació va ser espectacular, moltes empreses van començar a realitzar els seus propis prototips d'interacció per mons digitals. Leap Motion, Virtuix Omni, Google Glass o Holodesk són els més coneguts. Però perquè ara?

Els principals motius es deuen al cost de producció, viabilitat de la tecnologia i reducció de components electrònics. Amb el naixement i aparició dels telèfons intel·ligents, van aparèixer noves tecnologies implementades en l'interior d'aquests nous dispositius. Parlem concretament de tecnologies que poden detectar certs moviments en la nostra interacció, anomenades IMU's<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> **Wikipedia:** Intel·ligència col·lectiva : [https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia\\_colectiva](https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_colectiva)

<sup>20</sup> **Wikipedia.** IMU: *inertial measurement unit (unidad de medición inercial)*. [EN]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Inertial\\_measurement\\_unit](https://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_measurement_unit)



Il·lustració 3: "Arduino UNO", "GY-80" i "MPU-6050": És d' un sistema microcontrolador programable i de dos IMU's.

Les IMU's són unitats capaces d'operar amb  $DOF^{21}$  per calcular diferents posicions, com ara pitch, yaw i roll<sup>22</sup>. En el mercat les podem trobar amb diferents precisions (+1g o +-12g) i capacitats (3DOF o 11 DOF) a preus accessibles. Combinats amb Arduino, es poden realitzar projectes molt interessants en els que anys enrere haguéssim necessitat pressupostos molt elevats.

Una altre element important, que ha facilitat el renaixement de la realitat virtual i augmentada, són en els avenços d'algoritmes per la millora de precisió electrònica o també anomenats filtres electrònics/digitals. Actualment s'utilitzen una gran varietat de filtres segons les necessitats, però els més coneguts són els filtres complementaris i el filtre Kalman<sup>23</sup>, utilitzats en aviació.

Tots aquests avenços ja venen per defecte en totes les tecnologies actuals, on la interacció espacial és necessària per a la comunicació persona-ordinador.

<sup>21</sup> **Wikipedia.** *DOF: Degree of Freedom (graus de llibertat)* [EN] [https://en.wikipedia.org/wiki/Degrees\\_of\\_freedom\\_\(mechanics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Degrees_of_freedom_(mechanics))

<sup>22</sup> **Machine design.** *What's the difference between pitch, roll and yaw.* [EN] <http://machinedesign.com/engineering-essentials/what-s-difference-between-pitch-roll-and-yaw>

<sup>23</sup> **Wikipedia.** *Filtro Kalman* [ES]: [https://es.wikipedia.org/wiki/Filtro\\_de\\_Kalman](https://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_de_Kalman)



### 5.3. Noves tecnologies, noves preocupacions i realitat virtual

El naixement de noves tecnologies comporten el naixement de noves preocupacions, que porta a nous canvis socials. Dins de la nostra societat, ens regim en un món ple de normes per tal d'establir un ordre en el comportament global. Des de senyals de trànsit, normes de comportament social, fins i tot per a les religions, com el Nou Testament, el Coran, etc. L'ésser humà es regeix per totes aquestes normes de conducta, per respectar i ser respectat però, què passa quan ens trobem en un món sense llei?

Moltes persones amaguen grans problemes psicològics, que per por de no ser acceptats o ser castigats per la justícia, es regeixen per les regles de la societat. Per això, quan algunes d'aquestes persones s'introdueixen en mons virtuals, on el reglament no el pot tocar, és quan mostren com són realment.

En la *'Màquina de l'experiència'*<sup>24</sup> de Nozick, ens diu que una bona vida, és una vida que consisteix en trobades reals amb persones i coses fora de la nostra pròpia ment. Una vida en què realment participen en les interaccions amb els altres, i no simplement en la imaginació o l'artificialitat. A causa de que la RV és un substitut simple de la realitat, no es pot esperar lliurar el tipus d'experiència necessari per al benestar humà.

---

<sup>24</sup> *La màquina de l'experiència* es una curta secció del llibre *Anarquia, Estado y Utopia* del filòsof Robert Nozick - [Wikipedia](#)

## 5.4. Positivisme: Realitat virtual i realitat augmentada

Ja hem parlat dels canvis socials i culturals, com ens han afectat les noves tecnologies actualment, com han nascut les noves tecnologies i els problemes socioculturals que poden comportar la realitat virtual i augmentada, però com ens poden beneficiar aquestes tecnologies?

En la realització d'aquest projecte, la meva intenció ha sigut buscar i comprendre que hi ha darrere d'un sistema de realitat augmentada i virtual, i quins beneficis ens pot aportar. Les noves formes d'interacció o les noves formes de veure el món real a partir del món digital, ens pot portar molts beneficis tan culturals, com essencials.

Poder realitzar tasques remotes com la neteja o la compra mitjançant un drone, pot ser la salvació per una persona que no es pot moure del llit, o per exemple la realització de grafitis virtuals amb geolocalització, pot ajudar als ajuntaments en la reducció de costos i mantenir les obres dels grafiters sense embrutar l'entorn real. L'introducció de publicitat en realitat virtual geolocalitzada, creació d'esdeveniments socials i un munt d'interaccions virtuals en el món real pot fer canviar molt la societat i la forma en què veiem el món de forma positiva.

## 6. Continguts. Sistema d'interacció

PaintXYZ és la unió de software i hardware per la realització d'interaccions en entorns virtuals de realitat augmentada i realitat virtual en temps real. Aquesta interacció es basa en l'ús dels sentits (oïda, tacte, vista) per recrear un sistema immersiu. El sistema treballa en coordenades de doble localització, que més endavant explicaré en més detall, basades en el posicionament de les IMU's del sistema i la programació. Les dades d'interacció del sistema són:

- **Coordenades del pinzell virtual:** Es tracta de la lectura de coordenades de la IMU del pinzell. Aquestes coordenades ens servirà per calcular la posició en temps real, tan en el món virtual com en el real.
- **Coordenades de la càmera virtual:** Es tracta dels nostres ulls virtuals, posicionats en l'entorn virtual. Determinen la posició a partir dels sensors del Smartphone.
- **Coordenades del centre de visió de la càmera virtual:** Posició del camp de visió de l'escenari. On es trobi aquest punt és on es trobarà el focus d'atenció de la càmera.
- **Coordenades del punter virtual:** Representació del punter virtual, indicant la posició en l'espai del pinzell virtual.
- **Coordenades de l'escenari virtual:** Aquestes coordenades són d'àmbit genèric, pel posicionament d'objectes en l'entorn virtual.

**PaintXYZ** disposa de dos menús d'interacció: menú accés ràpid i menú precís, en el que l'usuari selecciona la seva propera acció sobre l'entorn virtual i poder realitzar les modificacions virtuals amb el pinzell.

## 7. Metodologia

### 7.1. Origen de la idea

El concepte **PaintXYZ** neix de la unió de les noves tecnologies i de la situació actual en la qual podem ser els mateixos creadors i consumidors de productes i continguts digitals. Aquesta idea o concepció, anomenada prosumidor, em va fer pensar de com els mateixos usuaris podien compartir i crear continguts utilitzant les noves tecnologies.

Analitzant el **disseny visceral**<sup>25</sup>, vaig estudiar diferents conceptes i dissenys fins a concebre la idea de pintar la realitat utilitzant eines de realitat augmentada o virtual.

**PaintXYZ** és una nova eina amb una concepció d'aquest pensament, permetent a qui l'utilitza modificar la realitat mitjançant entorns virtuals, compartir i localitzant creacions d'altres usuaris.

### 7.2. Desenvolupament

Una vegada obtinguda la idea, quedava pensar com portar-la a terme. És un projecte molt ambiciós, amb molta investigació darrere agafada de la mà d'un desenvolupament amb un llistat de riscos elevats. Per tant s'havia que pensar detingudament com iniciar el projecte sense que fos un fracàs des de l'inici. Per això, em va vindre la idea de concebre el projecte com si es tractés d'un puzzle.

Tenim tres parts importants: la part electrònica, base de dades i la part de visualització RA. Al mateix temps aquestes tres parts, es poden distribuir en petites parts, les quals es poden anar produint individualment.

---

<sup>25</sup> **Casiopea**. Disseny emocional [ES] [Consultat: 14/11/2015] [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Dise%C3%B1o\\_Emocional:\\_Metodolog%C3%ADas\\_y\\_herramientas\\_para\\_cuantificar\\_emociones](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Dise%C3%B1o_Emocional:_Metodolog%C3%ADas_y_herramientas_para_cuantificar_emociones)

Estructurant el projecte d'aquesta forma, facilita el control sobre l'organització i els errors, per tal de no cometre errors en el disseny, usabilitat i l'arquitectura de la informació.

### 7.3. Electrònica

Tenia clar la idea, però quedaven incògnites per als components. La primera d'elles, quin instrument base faria servir: Arduino o Raspberry PI? Ambdós són eines molt bones per a la creació de projectes "low cost", i es poden aconseguir projectes similars a preus assequibles, però els dos tenen finalitats diferents.

Arduino està pensat per a facilitar l'assemblatge de nous components i la programació per a aquest (microcontrolador), mentre que Raspberry PI està pensat per a la programació i execució de programes, amb més potència a nivell de CPU en un espai reduït (microcomputadora). Per tant, tenint en compte la necessitat d'una facilitat en la construcció del meu pinzell virtual, he optat per utilitzar Arduino.

El segon problema és entendre que vull fer amb l'eina i que necessito per aconseguir aquesta idealització. Com he dit, el pinzell virtual realitzarà un tracking de posició, per tant necessito una eina que sigui capaç de detectar les coordenades XYZ, o sigui tracking en un espai tridimensional, a més de l'orientació. Per resoldre aquesta part del desenvolupament, és necessari fer ús de sensors coneguts i molt utilitzats en els mòbils: acceleròmetre i el giroscopi.

## 7.4. Base de dades

És important el tractament de dades del sistema. Estem fent un tracking real de les posicions, i aquestes posicions s'han d'emmagatzemar per tal que es pugui generar el dibuix que estem realitzant en l'entorn virtual.

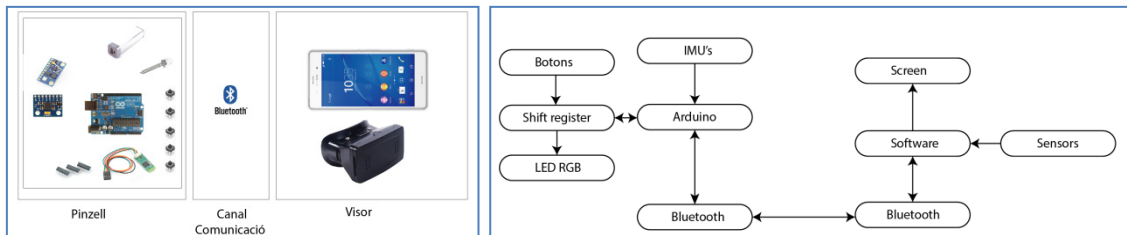
Vaig estar buscant diferents mètodes d'emmagatzematge, des del més simple que es basaria en utilitzar un document de text o arxiu de magatzem o fer ús d'un sistema de base de dades. Tenint en compte que guardem quantitats immenses de dades, necessitem un sistema que sigui capaç de treballar amb tota la informació recol·lectada, per tant la segona opció seria la correcta.

## 6.5. Programació

Per la comunicació amb Arduino, el qual es basa en la programació en C/C++, és necessari la creació d'un programa per a la comunicació persona-interfície-dispositiu. Processing en permet generar el codi necessari per a la comunicació entre Arduino, ordinador (base de dades) i *Smartphone*.

## 8. Arquitectura del projecte

Part de la realització del treball, s'ha basat en la reducció de components per establir una senzillesa en el projecte. Aquesta idea ve determinada per abaratir costos i mantenir la interacció proposada inicialment.



Il·lustració 4: Components i relacions del sistema final PaintXYZ

### 8.1. Sistema modular

La programació ha sigut estructurada de forma modular per tal de facilitar el treball i les connexions del sistema. Els mòduls de l'aplicació Android es poden estructurar de la següent forma:

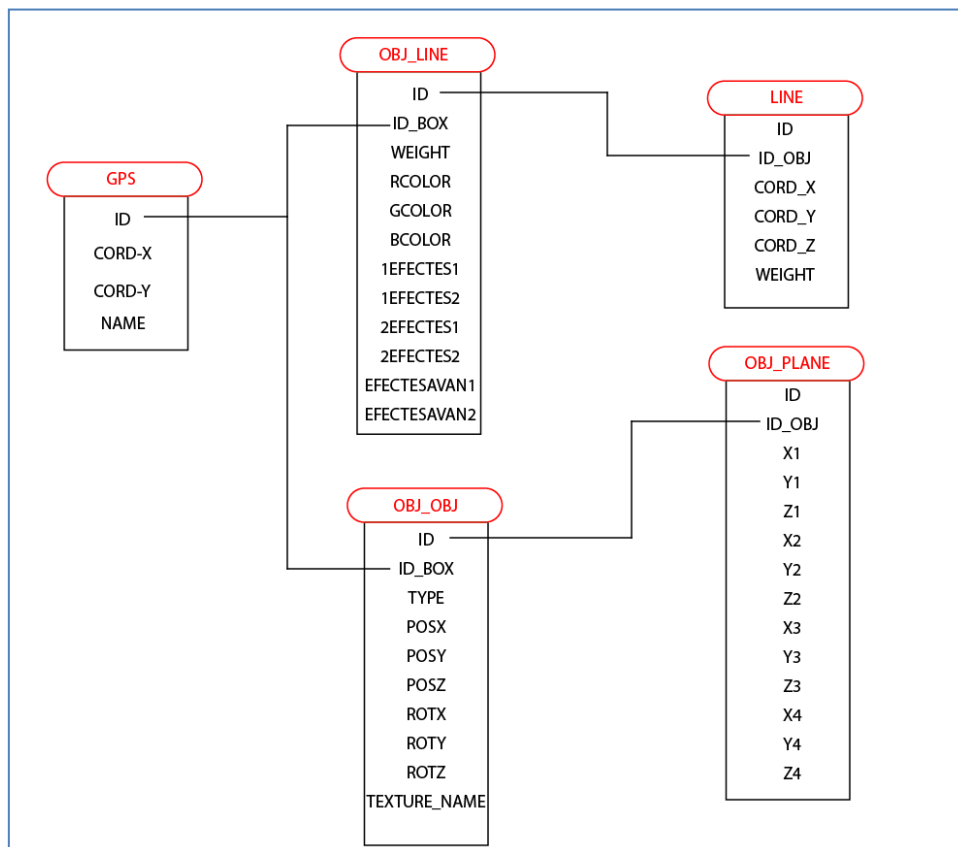
- Mòdul bluetooth.
- Mòdul d'interpretacions *Strings*
- Mòdul d'entorn virtual.
- Mòdul d'interpretació de coordenades mòbil.
- Mòdul d'interpretació coordenades pinzell.
- Mòdul comunicació a base de dades SQLite.
- Mòdul de menú d'aplicació (visual).
- Mòdul de menú d'aplicació (interaccions).

En referent al pinzell, tenim:

- Mòdul d'interpretació de dades.
- Mòdul connexions amb *Shift register*.
- Mòdul de comunicacions Bluetooth.
- Mòdul d'interpretacions Strings.

## 8.2. Base de dades

Per al funcionament complet de l'aplicació, és necessari un magatzem de dades. Aquest magatzem es compondrà per atributs de coordenades, identificadors i atributs d'objectes:



Il·lustració 5: Esquema base de dades i les seves relacions



## 9. Plataforma de desenvolupament

### 9.1. Centre de treball

En la realització de la primera fase del projecte, es va proposar diferents plataformes de desenvolupament. Després de realitzar l'anàlisi i investigació, al final de la fase de disseny es va establir quina serien les diferents plataformes per la base del projecte.

Com a centre d'unió del projecte s'ha utilitzat un ordinador de sobretaula amb sistema operatiu Windows 10 Professional, amb arquitectura x86 64 bits. El sistema es compon per un i7 de sis nuclis 3930k, 32 GB de RAM DDR3, una targeta gràfica Nvidia TITAN de primera generació, disc SSD de 500 GB.

Pel que fa a visualització, he utilitzat dues pantalles del següent tipus:

- Pantalla primèria: LG ultra panoràmica proporció 21:9 2560x1080 px de resolució LED en horitzontal.
- Pantalla secundària: Dell panoràmica proporció 16:9 1920x1080 px de resolució LCD en vertical.

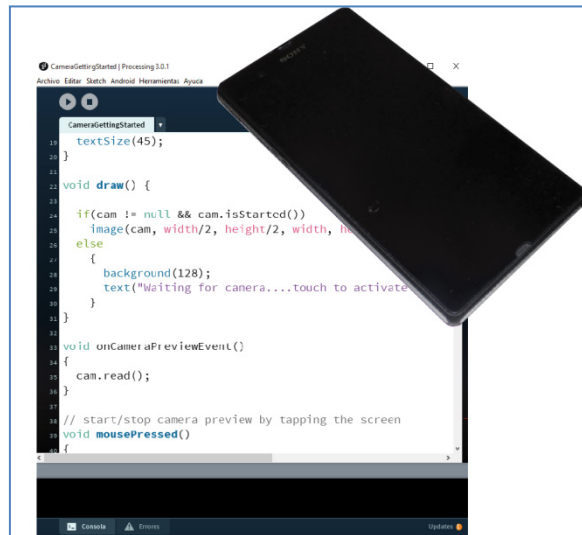
### 9.2. Aplicació mòbil

Per la visualització de l'entorn virtual, és necessari un *display*<sup>26</sup> i un centre de computació on executar l'aplicació. L'elecció ha sigut d'utilització d'un *Smartphone* Xperia Z3 amb capacitat de connexió remota per la instal·lació d'aplicacions. Es tracta d'un mòbil amb sistema operatiu Android 5.1.1, 3 GB de RAM, processador

---

<sup>26</sup> **display:** Pantalla o indicador numèric utilitzat per visualitzar una determinada informació d'un dispositiu electrònic. [ES]  
<http://www.wordreference.com/definicion/display>

Snapdragon 801 v.2 a 2,5GHz , pantalla TRILLUMINOS<sup>27</sup> 5,2" LCD 1920x1080px, bateria de 3100 maH, càmera 20,7 MP amb ISO<sup>28</sup> 12800 i resistència a pols i aigua amb certificat IP65 i IP68. Com a centre de programació he utilitzat Processing 3.0.1<sup>29</sup> en la seva versió rev0247.



Il·lustració 6: Interfície Processing i Xperia Z3

### 9.3. Pinzell virtual

Per a la construcció i programació del pinzell virtual, he utilitzat l'entorn Arduino i Arduino UNO<sup>30</sup> com a plataforma central. Arduino UNO disposa de 5 connexions analògiques, 13 digitals, 6 d'alimentació, port USB i port d'alimentació.

<sup>27</sup> **TRILLUMINOS:** Pantalla amb tecnologia de punts quàntics. <http://www.xataka.com/televisores/nanocristales-asi-funciona-la-tecnologia-que-quiere-cambiar-los-televisores-en-2015>

<sup>28</sup> **Wikipedia.** Exposició fotogràfica: [https://es.wikipedia.org/wiki/Exposici%C3%B3n\\_\(fotograf%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Exposici%C3%B3n_(fotograf%C3%ADa))

<sup>29</sup> **Processing.** Entorn de programació i desenvolupament integrat de codi obert. <https://processing.org/>

<sup>30</sup> **Arduino UNO.** Es una plataforma programable amb microcontrolador ATmega328P. [EN] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

## 10. Planificació

En la creació i producció d'un projecte de prototipatge, he tingut en compte el temps disponible. És un concepte important que pot marcar notablement la qualitat final del producte (abast del projecte). Per tant, a l'hora d'iniciar el meu projecte, he tingut el compte el següent.

### 10.1. El temps disponible

Com s'ha dit anteriorment, el temps és un factor important. Tindre més temps vol dir que es pot utilitzar per a desenvolupar noves qualitats al producte, millorar-lo, corregir errors, etc.

Per això el primer que vaig fer, va ser fer un càlcul de les dates d'inici del projecte (16 setembre 2015) i finalització i entrega (11 Gener 2016). En aquest cas, estem parlant d'uns 118 dies bruts de treball. D'aquests 118 dies, s'han de restar festius i per tant es quedarien al voltant d'uns 100 dies de treball.

### 10.2. Tasques i organització

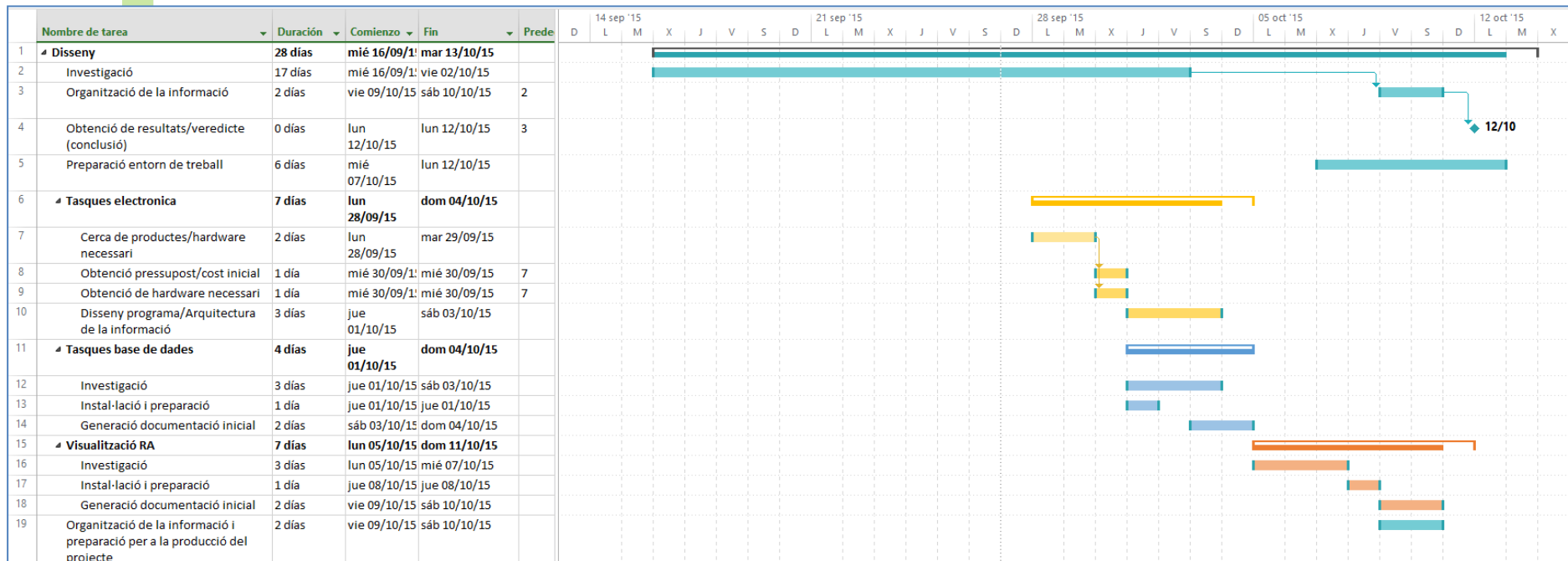
A part de les tasques de disseny, producció i finalització i entrega de projecte, he tingut en comptes noves tasques per al correcte desenvolupament i evitar o reduir el percentatge de riscos (gestió de riscos). Aquestes tasques es basen en:

- Comunicar una vegada a la setmana mínim, els avenços del treball, problemes, etc
- Organització d'un diari de treball, explicant els avenços i problemes trobats.

El projecte està estructurat en Disseny, producció i Finalització i entrega del projecte.

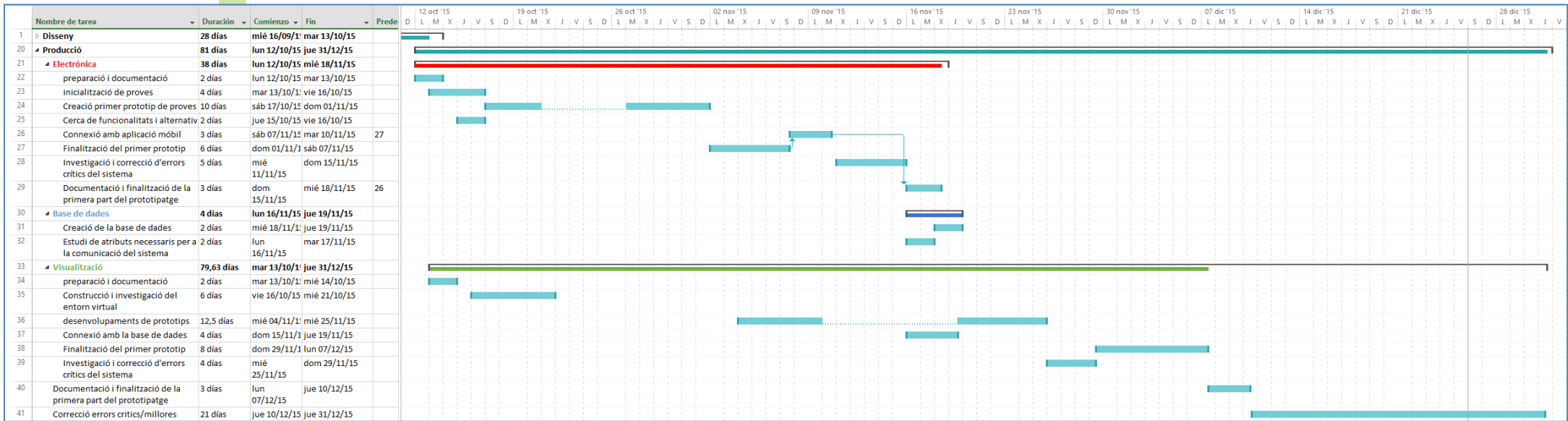
### 10.3. Tasques Disseny i diagrama de Gant

id	Nom de la tasca	Duració (dies)	Inici	Final	Requisits
<b>1</b>	<b>Disseny</b>	<b>26</b>	<b>16/09/15</b>	<b>13/10/15</b>	
2	<i>Desenvolupament del projecte (objectius i idees)</i>	17	16/09/15	02/10/15	
3	<i>Organització de la informació</i>	2	09/10/15	10/10/15	2
4	<i>Obtenció de resultats/veredictes investigació (conclusió)</i>	0	12/10/15	12/10/15	3
5	<i>Preparació entorn de treball</i>	6	07/10/15	12/10/15	
<b>6</b>	<b>Tasques Electrónica</b>	<b>7</b>	<b>28/09/15</b>	<b>04/10/15</b>	
7	<i>Cerca de productes/hardware necessari</i>	2	28/09/15	29/09/15	
8	<i>Obtenció pressupost/cost inicial</i>	1	30/09/15	30/09/15	7
9	<i>Obtenció de hardware necessari</i>	1	30/09/15	30/09/15	7
10	<i>Disseny programa/Arquitectura de la informació</i>	3	01/10/15	03/10/15	
<b>11</b>	<b>Tasques base de dades</b>	<b>4</b>	<b>01/10/15</b>	<b>04/10/15</b>	
12	<i>Investigació</i>	3	01/10/15	03/10/15	
13	<i>Instal·lació i preparació</i>	1	02/10/15	02/10/15	
14	<i>Generació documentació inicial</i>	2	03/10/15	04/10/15	
<b>15</b>	<b>Visualització RA</b>	<b>7</b>	<b>05/10/15</b>	<b>11/10/15</b>	
16	<i>Investigació</i>	3	05/10/15	10/10/15	
17	<i>Instal·lació i preparació</i>	1	08/10/15	08/10/15	
18	<i>Generació documentació inicial</i>	2	09/10/15	10/10/15	
19	<i>Organització de la informació, actualització documentació i preparació per a la producció del projecte</i>	2	09/10/15	10/10/15	



## 10.4. Tasques Producció i diagrama de Gant

id	Nom de la tasca	Duració (dies)	Inici	Final	Requisits
<b>20</b>	<b>Producció</b>	<b>81</b>	<b>12/10/15</b>	<b>31/12/15</b>	
<b>21</b>	<b>Electrónica</b>	<b>38</b>	<b>12/10/15</b>	<b>18/11/15</b>	
22	<i>Preparació i documentació</i>	2	12/10/15	13/10/15	
23	<i>Inicialització de proves</i>	4	13/10/15	16/10/15	
24	<i>Creació primer prototip de proves</i>	10	17/10/15	26/10/15	
25	<i>Cerca de funcionalitats i alternatives</i>	2	27/10/15	28/10/15	
26	<i>Connexió amb base de dades</i>	3	02/11/15	04/11/15	31
27	<i>Finalització del primer prototip</i>	6	05/11/15	10/11/15	
28	<i>Investigació i correcció d'errors crítics del sistema</i>	5	11/11/15	15/11/15	
29	<i>Documentació i finalització de la primera part del prototipatge</i>	3	15/11/15	17/11/15	27
<b>30</b>	<b>Base de dades</b>	<b>4</b>	<b>16/11/15</b>	<b>19/11/15</b>	
31	<i>Creació de la base de dades</i>	2	18/11/15	19/11/15	
32	<i>Estudi de atributs necessaris per a la comunicació del sistema</i>	2	16/11/15	17/11/15	
<b>33</b>	<b>Visualització</b>	<b>80</b>	<b>13/10/15</b>	<b>31/12/15</b>	
34	<i>Preparació i documentació</i>	2	13/10/15	14/10/15	
35	<i>Construcció i investigació del entorn virtual</i>	6	16/10/15	21/10/15	
36	<i>Desenvolupaments de prototips</i>	13	04/11/15	25/11/15	
37	<i>Connexió amb la base de dades</i>	4	15/11/15	19/11/15	
38	<i>Finalització del primer prototip</i>	8	29/11/15	07/12/15	
39	<i>Investigació i correcció d'errors crítics del sistema</i>	4	25/11/15	29/11/15	
40	<i>Documentació i finalització de la primera part del prototipatge</i>	3	07/12/15	10/12/15	
41	<i>Correcció errors crítics/millores</i>	21	10/12/15	31/12/15	



## 10.5. Tasques finalització i entrega, altres tasques, i diagrama de Gant

id	Nom de la tasca	Duració (dies)	Inici	Final	Requisits
42	<b>Finalització i entrega projecte</b>	<b>11</b>	<b>01/01/16</b>	<b>11/01/16</b>	
43	<i>Creació de documentació necessària</i>	11	01/01/16	11/01/16	
44	<b>Altres tasques</b>	<b>105</b>	<b>28/09/15</b>	<b>11/01/16</b>	
45	<i>PAC 1</i>	0	28/09/15	28/09/15	
46	<i>PAC 2</i>	0	26/10/15	26/10/15	
47	<i>Documentació PAC2</i>	6	21/10/15	26/10/15	
48	<i>PAC 3</i>	0	30/11/15	30/11/15	
49	<i>Entrega final</i>	0	11/01/16	11/01/16	
50	<i>Esriptura de diari de treball</i>	81	12/10/15	31/12/15	



Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Prede	28 sep '15	05 oct '15	12 oct '15	19 oct '15	26 oct '15	02 nov '15	09 nov '15	16 nov '15	23 nov '15	30 nov '15	07 dic '15	14 dic '15	21 dic '15	28 dic '15	04 ene '16	11 ene '16			
					S	L	X	V	D	M	J	S	L	X	V	D	M	J	S	L	X	V	D
20 ▷ Producció	81 días	lun 12/10/15	jue 31/12/15																				
42 ◀ Finalització i entrega projecte	11 días	vie 01/01/16	lun 11/01/16																				
43 Creació de documentació necessària	11 días	vie 01/01/16	lun 11/01/16																				
44 ◀ Altres tasques	105 días?	lun 28/09/15	lun 11/01/16																				
45 PAC 1	0 días	lun 28/09/15	lun 28/09/15		◆																		
46 PAC 2	0 días	lun 26/10/15	lun 26/10/15						◆														
47 Documentació PAC2	6 días	mié 21/10/15	lun 26/10/15																				
48 PAC 3	0 días	lun 30/11/15	lun 30/11/15																				
49 Entrega final	0 días	lun 11/01/16	lun 11/01/16																				
50 ▷ Escripció del diari de treball	81 días	lun 12/10/15	jue 31/12/15																				

## 11. Procés de treball

Després d'un procés de selecció d'idees per al projecte, quedava resoldre molts dubtes sobre el seu desenvolupament. Disseny, producció i entrega era l'ordre bàsic que tenia present, però tenia una preocupació major a l'hora d'assumir els meus objectius: **la viabilitat**.

Assumir un projecte que és de complet desconeixement, comporta un greu perill de viabilitat. Per tant, em vaig basar en una investigació de gran quantitat d'informació i resolució del desenvolupament, sense tindre un prototip de proves inicials. Havia d'utilitzar els meus conceptes mentals per resoldre els possibles problemes futurs que posarien en perill el projecte.

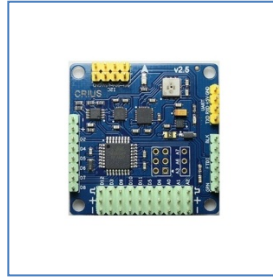
### 10.1. Viabilitat: Com saber si el projecte és assumible?

Necessitava estar segur que tenia les capacitats i els instruments per portar a terme el projecte, almenys en un estat bàsic de producció. Abans d'intensificar els meus esforços en el disseny i desenvolupament inicial, vaig necessitar aclarir els punts crítics:

- Com detectar els moviments?
- Com programar i entendre aquestes dades?
- Quina forma tindria el sistema?
- Com realitzaria la comunicació?
- Quin seria el cost de producció?

Per la primera pregunta vaig investigar sobre els perifèrics actuals i com podia adaptar aquesta tecnologia a *Arduino*, descobrint una IMU molt coneguda que s'utilitzava en

drones i que em podia facilitar la feina notablement. Es tracta de la IMU MultiWii SE v2.5.



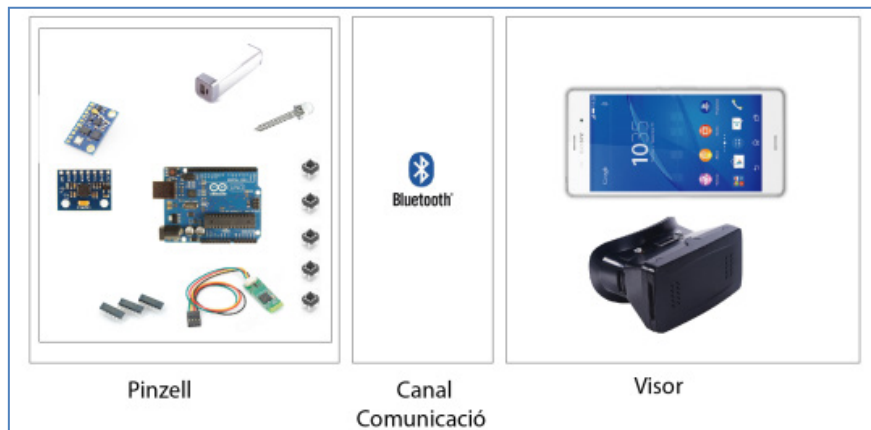
*Il·lustració 7: IMU Crius MultiWii SE 2.5. Imatge extreta de : [http://www.rcmodelpart.com/the-newest-mwc-multiwii-se-v25-version-multi-copter-4axis-main-flight-control-board-gimbal-quad-hex6-bicopter-ufo\\_p470.html](http://www.rcmodelpart.com/the-newest-mwc-multiwii-se-v25-version-multi-copter-4axis-main-flight-control-board-gimbal-quad-hex6-bicopter-ufo_p470.html)*

Aquest sistema incorpora un microcontrolador Atmega 328 com Arduino UNO, possibilitant la seva programació amb l'entorn C/C++ acceleròmetre, giroscopi, magnetòmetre i la possibilitat d'incorporar altres mòduls. A més, la mateixa empresa distribueix les llibreries per a la interpretació de les dades obtingudes pel sensor en Processing.

Els drons utilitzen sensors IMU's per a realitzar càlculs d'inclinació i poder realitzar els canvis necessaris en els rotors. La relació entre aquest component i la meua idea, era fer ús d'aquests càlculs del dispositiu per trobar la posició en coordenades, com si estiguéssim utilitzant un punter làser.

## 11.2. Els primers dissenys

Sabia com llegir el moviment i quin component necessitava, però com enllaçaria el pinzell amb el visor? Per resoldre aquest dubte vaig plantejar diferents sistemes i formes de comunicació entre pinzell, base de dades i visor. El disseny final el qual em vaig decidir, va ser el següent:

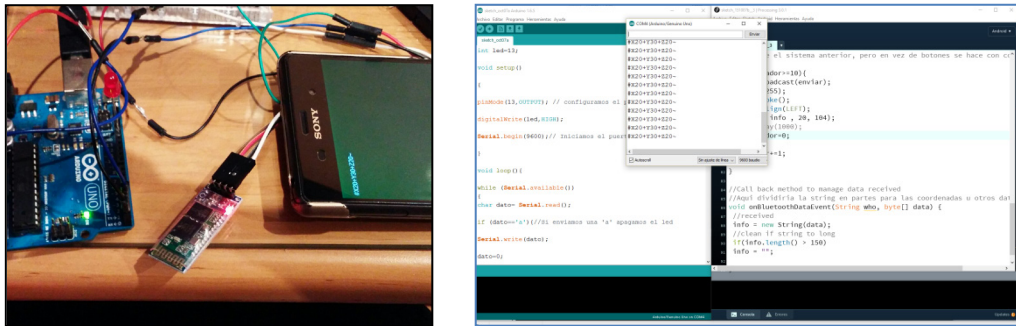


Il·lustració 8: Disseny del sistema actual'

- Base de dades en el Mòbil (SQLite).
- El Pinzell connecta amb el mòbil per mitjà de 2 bluetooth connectats.
- Pinzell connecta amb el mòbil, i Processing recollida la informació.
  1. Processing primer comprova si s'ha activat el boto de guardat de punts, que s'activa amb *Arduino UNO*.
  2. Si s'activa, llegeix els valors del sensor enviats mitjançant bluetooth.
- El Mateix programa llegeix la base de dades, representa els punts en un entorn 3D, i el superposa sobre la imatge presa de la càmera. A més es programarà el moviment de càmera per mitjà del moviment.

### 11.3. Sistema de comunicació [ARDUINO/ANDROID]

A l'espera de l'arribada dels nous components, vaig decidir començar a realitzar el primer prototip de l'aplicació i del sistema de comunicació entre sistemes. Era imprescindible que el pinzell envies dades de posició en temps real, perquè el programa principal o pogués interpretar i interactuar.



Il·lustració 9: Primera prova de comunicació bluetooth

En la creació del primer prototip del mòdul bluetooth va ser un èxit sense tindre gaires problemes. El mòdul permet l'enviament de dades entre dispositius (bidireccional) a més de la transformació de bits a strings i la seva interpretació per realitzar accions segons el codi enviat.

### 11.4. Estudi del tractament de dades [ARDUINO/ANDROID]

Tan per al mòbil com pel pinzell, necessitava interactuar amb les dades obtingudes per les IMU's dels dos dispositius. Per això vaig traçar un pla d'anàlisis per tal de no cometre errors de retroalimentació:

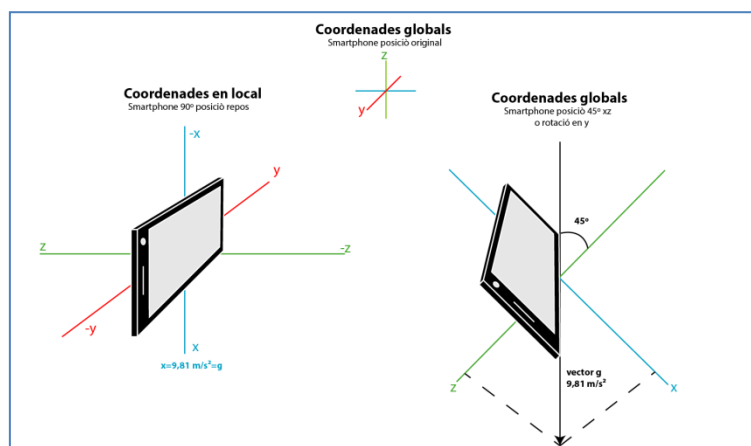
- Com funcionen els distints components de les IMU's.
- Comprendre quines dades em donen.
- Comprendre que puc fer amb aquestes dades.

Les IMU's que utilitzaré en el meu projecte, es componen d'acceleròmetres, giroscopi, magnetòmetre, components suficients per a tindre un posicionament acurat.

Els acceleròmetres són dispositius que són capaços de calcular l'acceleració de l'objecte a partir de la formula de la segona *Lei de Newton*<sup>31</sup> i base de la dinàmica:

$$F = m * a$$

Per tant quan realitzem un moviment en una direcció el sistema ens retorna una acceleració. L'acceleròmetre permet trobar l'angle a partir d'aquestes acceleracions, però com? Hi ha una variable que el dispositiu és capaç de calcular. Es tracta de la gravetat, que bàsicament es una força d'atracció de cossos i que el sensor es capaç de detectar. Utilitzant la gravetat i aplicant trigonometria, podem obtenir els angles.



Il·lustració 10: relació gravetat, eixos de coordenades i angles.

El giroscopi ens retorna les velocitats angulars de gir en radians per segon, que ens permet saber el recorregut de gir del sistema.

<sup>31</sup> *Wikipedia*. *Leyes de Newton*. [ES] [https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_Newton](https://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton)

## 11.5. Conceptes: pitch, yaw, roll, angles Euler

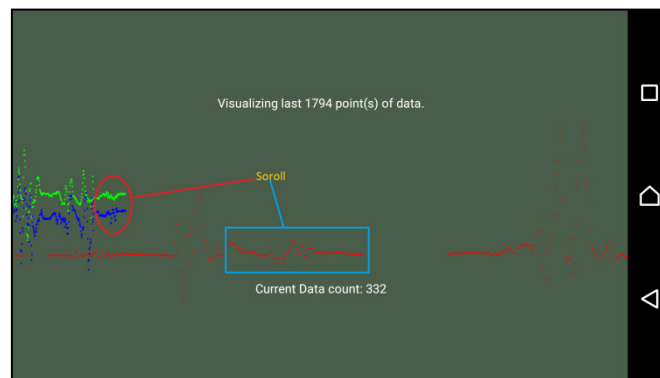
Sabia que en introduir-me en aquest projecte, haguera d'aprofundir en conceptes matemàtics i de física, en concret trigonometria, càlcul d'angles euler i àlgebra. Existeixen moltes formes de calcular les posicions de gir i coordenades en l'espai. Quaternions o trigonometria (angles Euler) són les formes més utilitzades per trobar aquestes dades. Després d'analitzar les dues opcions, em vaig decantar pels angles Euler per facilitat de programació i comprensió.

Amb els angles Euler em permetien trobar:

- **Pitch:** gir vertical.
- **Yaw:** gir horitzontal.
- **Roll:** gir rotacional.

## 11.6. Filtres de soroll i anàlisi

A l'hora d'utilitzar els diferents dispositius de les IMU's, ens trobem que no són del tot precisos com esperaríem i realitzen com tremolors en els moviments estàtics. Això es deu al soroll electrònic i el drift del giroscopi.



*Il·lustració 11: Screenshot d'una app Android que mostra gràficament les dades de l'acceleròmetre*

Per corregir i solucionar aquest problema, es realitzen un seguit de càlculs que ens permet millorar la precisió a partir d'una mitja i control de soroll, utilitzant filtres de precisió:

- Filtres passa alt/baix
- Filtres complementaris
- Filtres Kalman

Dels filtres exposats, els més precisos són els filtres Kalman. El problema d'aquests filtres és que es necessita molta computació i són complexos d'entendre, encara que existeixen llibreries que et permeten utilitzar aquests filtres amb facilitat.

Els filtres complementaris i els filtres passa alt/baix vénen a ser el mateix, ja que ambdós es basen en el filtratge superior i inferior d'un seguit de mostres. Aquests filtres són els que vaig utilitzar per l'aplicació mòbil, que combinats em permeten



obtindre una precisió molt propera als filtres Kalman, sense la necessitat de requerir tants recursos computacionals.

El filtre complementari s'utilitza després de calcular l'angle pitch, yaw i roll de l'acceleròmetre i del giroscopi, aplicant la següent formula per a cadascun:

$$\text{AngleFiltrat} = 0,98 * (\text{AngleGiroscopi}) + 0,02 * \text{angleAccelerometre}$$

### 11.7. Primer prototip APP [ANDROID]

Una vegada tenia resolt el procés per calcular les posicions angulars, vaig començar a treballar amb els diferents mòduls de l'aplicació mòbil.

- Mòdul d'entorn virtual.
- Mòdul d'interpretació de coordenades mòbil.

El mòdul de l'entorn virtual, es havia de recrear 3 plans: pla imatges de la càmera, pla de l'entorn 3D superposat i el pla del menú. Va ser molt difícil aconseguir mantenir el pla on es mostraven les imatges de la càmera i l'entorn per separat, ja que constantment es superposaven els objectes amb el pla i es perdia la perspectiva.

Finalment, treballant amb les funcions del sistema **popMatrix()** i **pushMatrix()** (funcions de control de memòria per a canvis espacials del sistema de coordenades i objectes) vaig aconseguir deixar les imatges de la càmera de fons i que no és superposes amb els objectes 3D de l'escenari, fent l'efecte de realitat augmentada que estava buscant.



Il·lustració 12: Screenshot del entorn virtual amb objectes 3D i imatges de la càmera

Per aconseguir aquest efecte utilitzant les funcions *push/popMatrix()*, el que faig és processar primer el pla del fons i iniciar el *pushMatrix()* per la càrrega de l'entorn virtual. D'aquesta forma, qualsevol canvi espacial no afectarà el pla de les imatges de la càmera, quedant sempre al darrere.

Sobre l'escenari virtual, tenia un nou problema. Es tractava de la càmera virtual. Necessitava un control total de la càmera, per moure'm per l'escenari al mateix temps que em permetés relacionar els angles i posicions que realitzaven les IMU's. Després de provar diferents llibreries especialitzades per a càmeres, em vaig decantar per utilitzar la càmera per defecte que proporciona Processing.

La càmera per defecte juga amb les següents variables:

```
camera (posicio_ulls_x, posicio_ulls_y, posicio_ulls_z, posicio_focus_x,  
posicio_focus_y, posicio_focus_z, direccio_x, direccio_y, direccio_z);
```

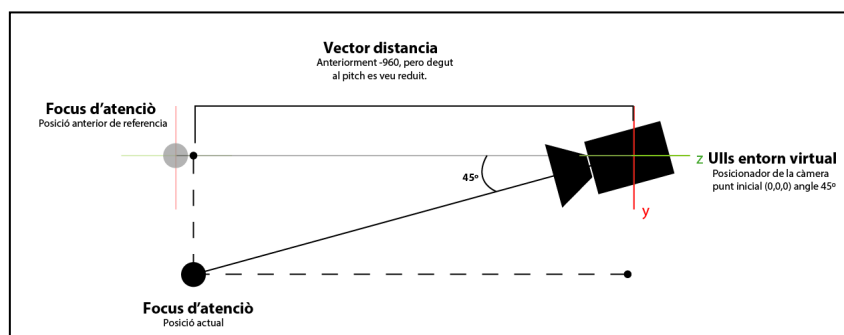
Les variables en vermell corresponen a la posició dels ulls o càmera en l'entorn virtual calculat en píxels. Les variables en verd és la posició del focus o centre de visió de la càmera i són les que determinarà la direcció de la càmera, o sigui cap a on està mirant.

Finalment les variables en negre es tracta de la posició dels ulls, per dir-ho d'alguna forma, ens permet ficar els ulls al clatell o als peus per exemple.



Il·lustració 13: Representació de la càmera virtual i el centre d'atenció.

Ja tenia la càmera preparada, només faltava relacionar els angles pitch, yaw i roll trobats amb els càlculs anteriors. Com he dit, les variables en verd permeten establir la direcció en píxels dins l'espai virtual. Sabent que la distància de visió establerta és de 960 píxels (variable que es pot modificar), podem calcular les diferents posicions en l'espai aplicant trigonometria.



Il·lustració 14: Representació de la càmera virtual i el centre d'atenció en angle 45°.

Si mirem el dibuix, podem extreure les posicions en píxels del vector distància i de y a partir de l'angle trobat del pitch.

$$\sin 45 = \frac{\text{píxel}_y}{960} \quad \cos 45 = \frac{\text{vector\_distancia}}{960}$$

Per tant ja puc realitzar el moviment d'ulls sobre l'entorn virtual respecte els moviments de l'entorn real.

Per calcular els angles pitch, roll i yaw vaig fer servir els següent formules:

### Pitch

acceleròmetre

```
angulo_acc_y= atan(-1*(accelerometerZ/A_R)/sqrt(pow((accelerometerY/A_R),2) +  
pow((accelerometerX/A_R),2)))*RAD_TO_DEG;
```

Giroscopi

```
if(gyroY>0.016 || gyroY<-0.016 ){  
    actual_rad_y=actual_rad_y-(gyroY*0.012);  
}
```

*If()* filtra el soroll no desitjat.

**0.012** es el *delay()* aplicat dins de la funció *CalculGrausPosicio\_y()*.

*gyroY* són les mesures de velocitat angular, rebudes pel giroscopi (rad/s).

### Roll

acceleròmetre

```
angulo_acc_z = atan((accelerometerY/A_R)/sqrt(pow((accelerometerZ/A_R),2) +  
pow((accelerometerX/A_R),2)))*RAD_TO_DEG;
```

Giroscopi

```
if(gyroY>0.016 || gyroY<-0.016 ){  
    actual_rad_z=actual_rad_z-(gyroZ*0.012);  
}
```

### Yaw

```
if(gyroY>0.016 || gyroY<-0.016 ){  
    actual_rad_x=actual_rad_x-(gyroX*0.012);  
}
```

## 11.8. Construcció i programació del pinzell [ARDUINO]

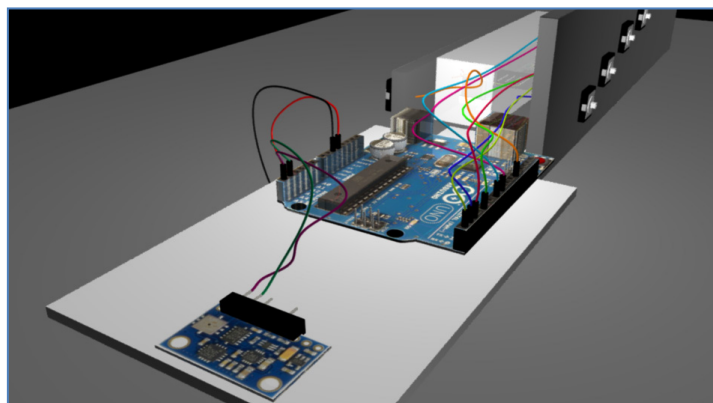
Una vegada preparat el terreny de la representació de l'entorn virtual, necessitava començar la construcció del cursor. El pinzell està compost de dues parts importants: la part electrònica (física) i la part programable (virtual).

Els primers passos van ser realitzar les connexions dels diferents sensors comprats i fer diferents proves. El que més em va agradar va ser el sensor GY-80. Aquest sensor incorpora fins a 4 components de mesura amb 9 DOF i tenia molts exemples de programació que podia utilitzar.

Fent servir unes llibreries, vaig establir les connexions a l'IMU mitjançant els pins analògics d'*Arduino*, obtenint les primeres dades i mitjançant els càlculs ja fets en el posicionament de la càmera, vaig realitzar la meva primera implementació de programa tenint en compte:

- Velocitat d'enviament de dades.
- *Delay()* del programa.
- Quantitat de caràcters a enviar.

Finalment, vaig realitzar diferents dissenys en *Autodesk Maya*, per tindre clar quina seria la forma del pinzell físic i aprofundir en l'estudi d'ergonomia.



## 11.9. Lectura de dades APP [ANDROID]

Havia aconseguit connectar al bluetooth mitjançant l'aplicació mòbil (mòdul bluetooth), obtenint entre 10 i 20 enviaments per segon, o sigui que la meva aplicació tenia la precisió de 10-20 punts per segons. Tenia nous problemes:

- La lectura de dades no era suficient ràpida, encara que Arduino enviava molta informació, no es rebia tota.
- L'asincronia de l'app amb Arduino produïa talls en la informació rebuda.

El segon problema era degut al fet que la lectura d'informació es feia des del *draw()*. L'aplicació funciona entre 30 i 60 fps per tant no era suficientment ràpid, així que vaig utilitzar la funció de crida al bluetooth per emmagatzemar i mostrar dades.

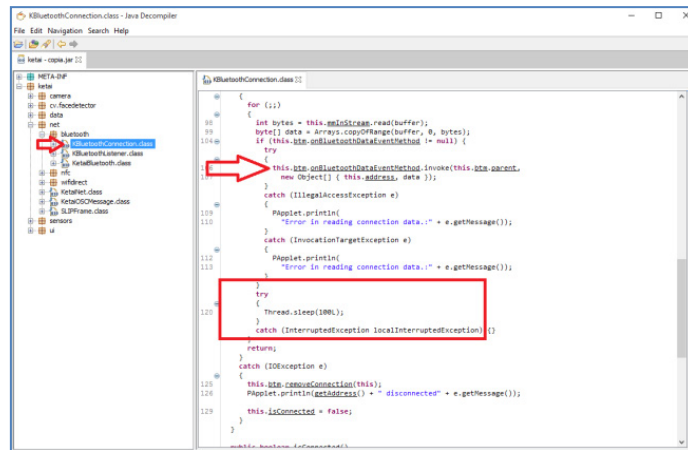
En utilitzar aquesta funció, vaig trobar l'origen del primer problema. Per l'ús del bluetooth en Arduino i Processing faig servir unes llibreries anomenades Ketai. La funció *onBluetoothDataEvent()* formava part d'aquesta llibreria i essencial pel funcionament de recepció de dades. En utilitzar un comptador, veia que s'iniciava sempre 10 vegades per segon. Tenia clar que havia algun limitador programat per l'autor de la llibreria *Ketai*.

Així que vaig descomprimir les llibreries *.jar*<sup>32</sup> i mitjançant un visor d'arxius (decompilador) amb extensió *.class*<sup>33</sup> anomenat *jd-gui*, vaig veure que en la funció *onBluetoothDataEvent()* tenia una comanda *Thread.sleep(100L)*.

---

<sup>32</sup> *.Jar*: Extensió de arxius comprimits en compilador java.

<sup>33</sup> *.class*: Arxius compilats amb javac



Il·lustració 15: Imatge Java Decompiler de la classe Ketai

La funció d'aquesta comanda, feia alentar o dormir la funció durant un període de 100 mil·lisegons, que coincideix en el temps d'execució del l'app, així que vaig procedir a modificar la llibreria.

Per modificar-la, tenia diferents opcions:

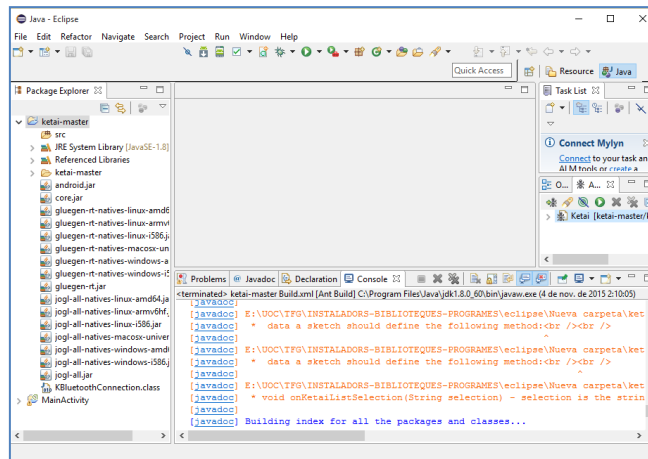
- Contactar amb l'autor per què realitzes aquestes modificacions.
- Descarregar la llibreria sense compilar, modificar els arxius i compilar.
- Realitzar les modificacions directament al .jar.

El primer que vaig fer és contactar amb l'autor, però no vaig rebre resposta, així que vaig procedir al segon punt.

Per compilar, necessitava descarregar la llibreria original. Descarregant-la des del *GitHub*<sup>34</sup> del propietari, i realitzant les modificacions necessàries mitjançant *Eclipse*, llibreries i plugins<sup>35</sup> pertinents, vaig procedir a compilar amb resultats negatius.

<sup>34</sup> **GitHub:** Es una plataforma de desenvolupament col·laboratiu de software, per allotjar projectes utilitzant el sistema de control de versions Git. **Conociendo GitHub. ¿Qué es GitHub?** [ES] <http://conociendo.github.readthedocs.org/en/latest/data/introduccion/>

<sup>35</sup> **Plugin:** Es un complement d'una aplicació que afegeix una nova funció generalment específica. **Wikipedia.** [ES] [https://es.wikipedia.org/wiki/Complemento\\_\(inform%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Complemento_(inform%C3%A1tica))

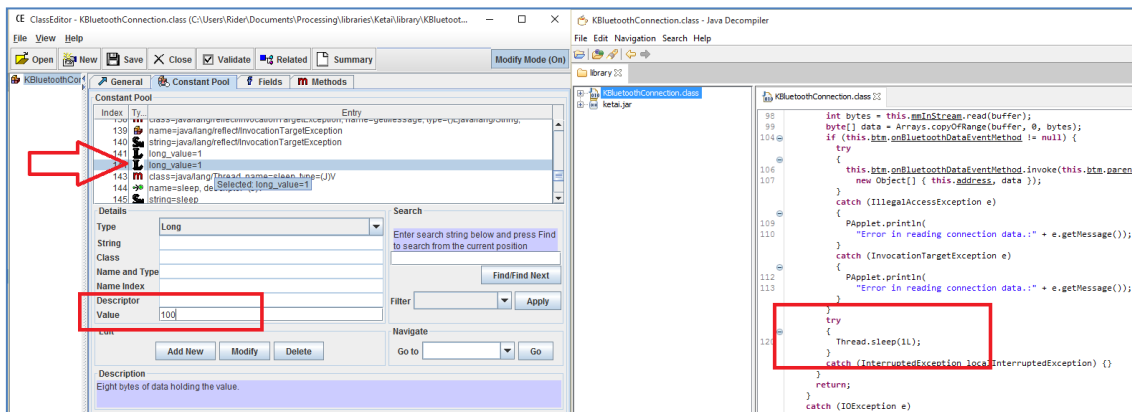


*Il·lustració 16: Imatge de Eclipse i compilació de la llibreria Ketai, on es pot observar els errors de compilació trobats*

Per algun motiu no podia compilar, i el temps se'm tirava a sobre. Així que vaig procedir a realitzar el tercer punt sense perdre més temps.

Modificar un arxiu amb extensió `.class` o compilat amb java, que ve a ser el mateix, es necessitava alts coneixements de la matèria i de l'ús d'un editor hexadecimal.

Mitjançant l'editor `ClassEditor`, vaig localitzar i modificar el valor 100 per 1.



*Il·lustració 17: Imatge ClassEditor, editor hexadecimal. Es pot veure els canvis realitzats en la classe Ketai.*

Després de modificar el valor i comprovar que s'aven realitzats els canvis, vaig procedir a realitzar les proves amb la nova llibreria. Finalment havia aconseguit que la funció `onBluetoothDataEvent()` s'executés a 100 vegades per segon. Rebia informació a molta velocitat, però encara perdia informació per l'asincronia entre bluetooth i l'app.




Per solucionar aquesta pèrdua d'informació, vaig ajustar les velocitats per a les dues aplicacions, aconseguint amb força bruta una velocitat de **100.000 caràcters per minut**, més que suficient per la precisió del cursor en l'entorn virtual.

## 11.10. Construcció final del pinzell [ARDUINO]

Solucionats els problemes de comunicació del sistema, vaig procedir a finalitzar la construcció del pinzell físic. Després d'analitzar el disseny amb *shift register*<sup>36</sup>, vaig arribar a la conclusió que no era necessari l'ús d'aquest component. La idea principal era estalviar l'ús de pins d'Arduino, però el *shift register* necessita 4 connexions i la seva construcció i programació és complexa, per no dir que és necessari de l'ús de molts cables que poden portar més problemes ne l'organització del pinzell físic en el futur. Com que només faria servir 5 botons, només utilitzaria 5 PINS, un més que amb el *shift register* i sense la necessitat de fer servir tants cables, deixant el pinzell més accessible a qualsevol canvi o prova.

Per últim, vaig programar el mòdul de comunicació dels botons i preparar la String d'enviament de dades. La primera versió del prototip físic estava finalitzat.



```
Vector filtered = accelerometer.lowPassFilter(norm_acc, 0.15);  
  
// Calculate Pitch & Roll  
int fpitch = -(atan2(fyil)  
int froll = (atan2(fyil)  
  
ButtonsControlSystem();  
  
//-----  
// Output raw  
Serial.print("timestep");  
Serial.print("PA:");  
Serial.print("PB:");  
Serial.print("PB:");  
Serial.print("roll");  
Serial.print("YG:");  
Serial.print("yaw");  
  
for(int i=0;i<=4;i++){
```

The screenshot shows a serial monitor window with a blue title bar. The left pane contains C++ code for an Arduino sketch, including comments and function calls like `Serial.print`. The right pane shows the output of the sketch, which consists of a repeating string of sensor data: `PA:-12:PA:1:PG:0.00:RG:0.00:YG:0.00:BI:0:B2:0:B3:0:B4:0:B5:0`.

Il·lustració 18: Imatge del port sèrie Arduino, on es veu l'enviament de dades mitjançant bluetooth.

Per ultimar aquesta part, vaig procedir a documentar les connexions del sistema.

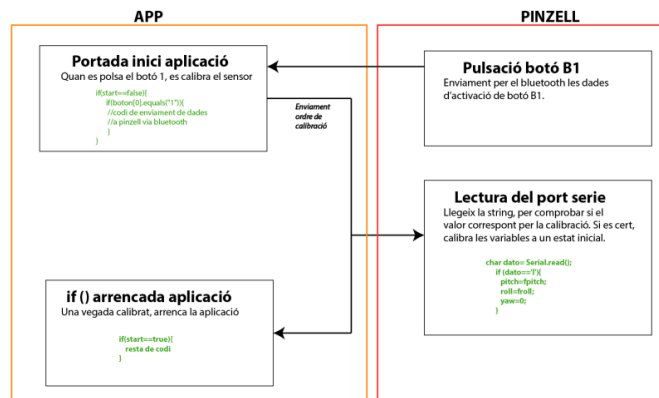
<sup>36</sup> **Shift register (registre de desplaçament):** Un shift register es un chip integrat capaç de emmagatzemar bits i enviar-los pels diferents pins. PICs, Electrónica i Robòtica. *Shift Register ¿Que son y cómo se usan?* [ES] <http://picrobot.blogspot.com.es/2008/11/shift-register-que-son-y-como-se-usan.html>

### 11.11. Construcció punter virtual [ANDROID]

Una vegada corregit els problemes anteriors i testejat amb profunditat que no existien nous bugs, vaig començar la construcció del punter virtual. El punter virtual funcionava amb la interpretació de les dades rebudes pels sensors del pinzell, i finalment calculades a la app, amb algorismes semblants als de la càmera virtual. La cosa seria senzilla, ja que la feina estava mig feta però novament van aparèixer nous problemes:

- El sistema de comunicació era ràpida, unes 100 lectures per segon. El problema es que el pinzell una vegada encès ja feia lectures del sensor i quan l'aplicació arrencava la interpretació no era la correcta.
- La funció `onBluetoothDataEvent()` es bloquejava al tractar la descomposició de dades de la variable principal (String `info`).
- Una vegada solucionats els problemes anteriors, es produïa un efecte tall de String a causa de l'asincronia entre `draw()`, `onBluetoothDataEvent()` i la resta de funcions.

Per solucionar el **primer problema**, necessitava un sistema de calibratge per l'inici de l'aplicació. Com que tenia la comunicació del bluetooth bidireccional preparada, només necessitava enviar una *String* per reiniciar els valors i així calibrar el punter a la nova posició, quedant de la següent forma:



Il·lustració 19: Funcionament calibratge pinzell **IMPORTANT:** Aquest sistema està pensat per ser genèric, per tant es pot calibrar sempre que el usuari o necessiti dins del menú de la interfície.

Aquest sistema es podria millorar utilitzant el magnetòmetre del sensor, però aquest sensor necessita un altre calibratge per a funcionar correctament, per això vaig optar per aquest mètode de calibratge.

Pel que fa al **segon problema**, era un problema que m'havia trencat els esquemes, alentint la producció del projecte. Investigant i visionant la llibreria Ketai que anteriorment havia modificat, vaig trobar una nova solució.

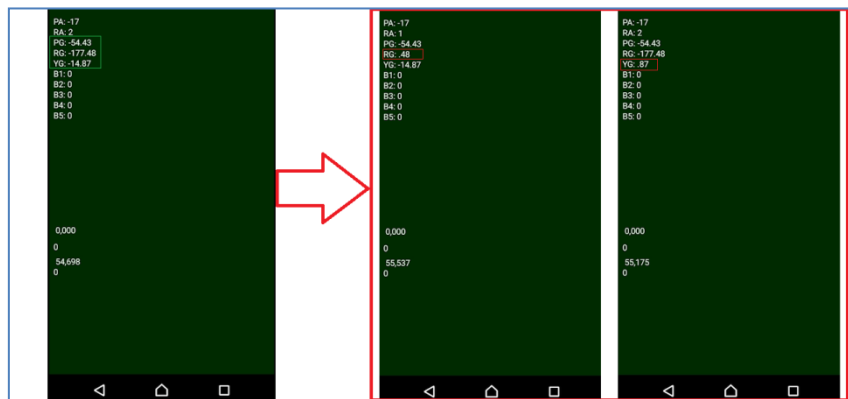
La llibreria feia ús de les funcions **Thread()**. Aquestes funcions s'encarreguen de realitzar processos en paral·lel, per tant em podia aprofitar del treball en paral·lel per realitzar la interpretació de la informació rebuda pel bluetooth, quedant el codi d'aquesta forma:

```

void onBluetoothDataEvent(String who, byte[] data) {
    //received
    info = new String(data);
    thread("splitMessage"); //Threads per treballar en paral·lel, que criden
    altres funcions
    thread("splitMessage2");
}
  
```

D'aquesta forma es solucionava el segon problema.

Com he comentat en el **tercer punt**, en solucionar els problemes anteriors, es produïa un de nou, el tall de String.



Il·lustració 20: Imatge on es pot observar els problemes de tall de Strings

Això es devia a què es guardava informació, més ràpid de la que es mostrava, portant que el text sortís tallat, semblant l'efecte de desincronització<sup>37</sup> de FPS i el Hz d'un monitor d'ordinador quan juguem. Hi havien moltes solucions, per exemple fer un control de booleans però que incrementaria el codi notablement fent-lo incompreensible, cosa que no m'agrada. La següent forma, era molt més simple i que només comportava dues línies més de codi. Es tractava d'utilitzar variables d'emmagatzematge temporal.

```
void splitMessage(){
    temp_info=info; //emmagatzematge temporal rebut pel bluetooth
    ...
}
```

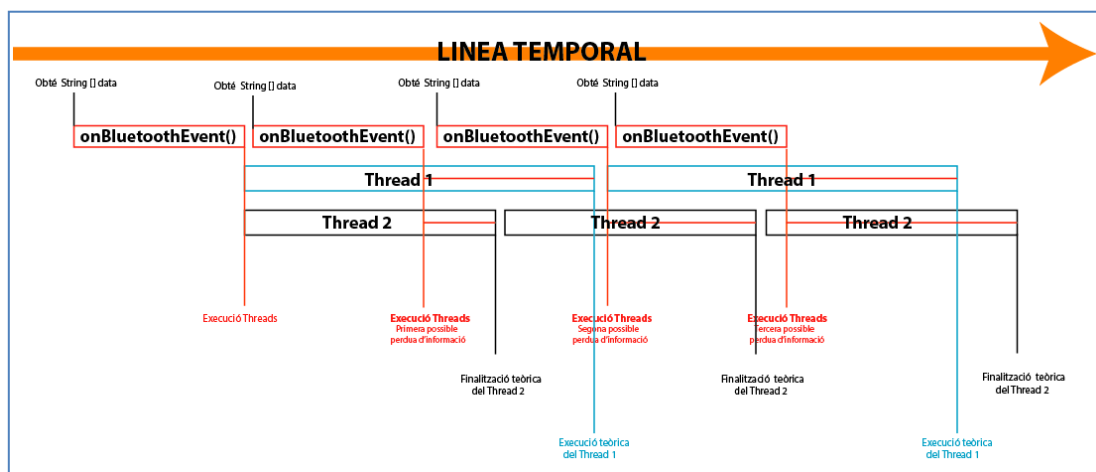
Utilitzant aquest mètode el problema persistia, però causat per un altre nou problema.

Si retornem a explicacions anteriors, comentava la utilització de `threads()`, que són crides a funcions per a la seva execució en paral·lel amb altres funcions, per corregir un

<sup>37</sup> **Tearing:** Efecte ocasionat per la desincronització entre Hz i FPS en un monitor. Wikipedia. Screen Tearing [EN] [https://en.wikipedia.org/wiki/Screen\\_tearing](https://en.wikipedia.org/wiki/Screen_tearing)

dels problemes anteriors. Per tant, si la funció `onBluetoothDataEvent()` s'executa més ràpid que els `threads` del seu interior, els cridarà un altre cop sense que aquest puguin acabar. Per tant, si un `thread` estava emmagatzemant una variable i `onBluetoothDataEvent()` el torna a cridar, no s'actualitzaran totes les dades. Aquest error no el notaríem perquè el sistema és molt ràpid, per això el problema és més profund.

Com que estic fent servir la força bruta per a obtenir moltes *lectures/segon*, pot ser que en una lectura no existeixi una dada dins de la variable `byte [] data` (variable on es guarda les dades obtingudes pel bluetooth) per tant, en estadística es pot produir que una variable tallada no s'actualitzi a temps i l'acabi utilitzant el sistema.



Il·lustració 21: Explicació visual dels problemes de talls de Strings per a l'execució de Threads

Per arranjar aquest problema, vaig realitzar un segon control per a cada emmagatzematge, comprovant que les dades a guardar es trobaven dins de les dades recopilades pel bluetooth.

```

void splitMessage(){ //inici Thread
    temp_info=info;
    // Primer control, si les dades a recopilar es troben dins de les dades obtingudes
    pel bluetooth
    if(temp_info.indexOf(":PG:")!=-1 &&temp_info.indexOf(":RG:")!=-1){
    //Segon control, al trobar-se les dades desordenades, indexOf por retornar error
    exemple primer indexOf //posició: 45 i el segon posició: -30
        if(temp_info.indexOf(":PG:")+4<temp_info.indexOf(":RG:")){

            sensor[2]=temp_info.substring(temp_info.indexOf(":PG:")+4,temp_info.indexOf(":R
            G:"));
        }
    }
}

```

Finalment, i com es pot comprovar en el codi anterior, vaig crear dues **arrays** `[] boton`; i `sensor[]`; per emmagatzemar les dades i que puguin ser tractades des de qualsevol part del programa, facilitant la programació.

## 11.12. Finalització de la construcció del cursor [ANDROID]

Una vegada enllaçat la comunicació entre pinzell i l'aplicació, vaig començar a interpretar les dades. El sistema era molt semblant a la càmera virtual, de fet podia haver utilitzat les mateixes funcions i crear un objecte pel càlcul de la posició i visualització, però vaig optar per crear nou codi per a mantenir una independència en l'estructura d'aquestes parts.

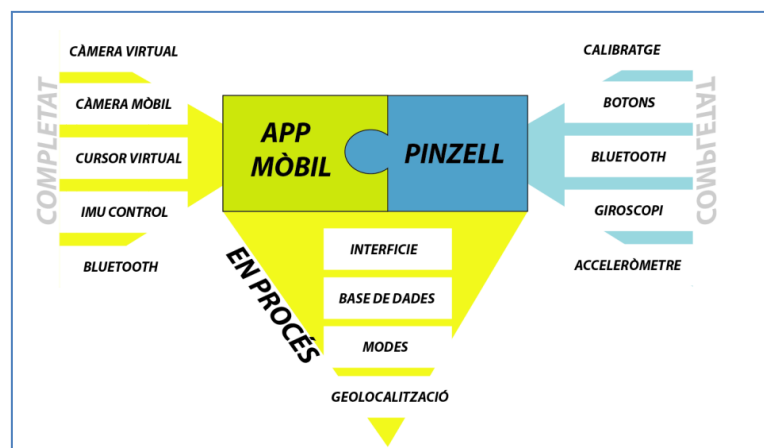
El mòdul de cursor interpreta les dades del *pitch*, *roll* i *yaw* a coordenades tridimensionals, utilitzant trigonometria. El punter és una esfera tridimensional, en la que s'ha enllaçat un `line()` de Processing des del punt de la càmera fins a l'esfera, d'aquesta forma dotem de direcció el punter.

### 11.13. Estat de desenvolupament

Arribats a aquest punt, el projecte és situa a mig camí de finalització, però la part més difícil ja ha sigut completada. La idea de construir el projecte entorn a mòduls independents en el seu funcionament, m'ha facilitat la feina notablement a l'hora de trobar i corregir errors i realitzar optimitzacions. Sempre que apareix un error, els passos han sigut els mateixos:

- Separar el mòdul.
- Realitzar les proves.
- Localitzar l'error.
- Fer les correccions.
- Realitzar seguiment i adjuntar mòdul a l'estructura base.

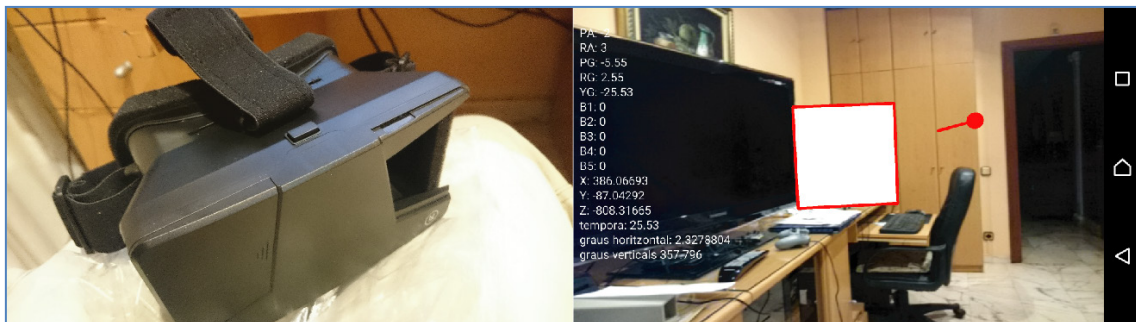
A partir d'aquest punt, comença el procés de desenvolupament visual abandonant el procés de desenvolupament tècnic.



Il·lustració 22: Estat del desenvolupament del projecte fins aquest punt

### 11.14. Primeres proves de prototip amb *cardboard*

En l'arribada del *Cardboard* que havia demanat, vaig procedir a realitzar algunes proves amb la interacció de l'usuari. Es tractava de situar un cub tridimensional al centre de la pantalla i l'usuari realitzaria els diferents moviments de cap per tal que el cub quedi representat sempre en la mateixa posició de l'entorn virtual amb l'entorn real.



Il·lustració 23: Imatge esquerra: Cardboard. Imatge Dreta: funcionament del primer prototip.

Els resultats obtinguts van ser positius amb una interacció fluida tan en moviments ràpids com en moviments lents que necessiten molta precisió.

### 11.15. Inici construcció APP mòbil [ANDROID]

Les proves efectuades, estaven realitzades a partir de diferents mòduls que havia creat. Per tant l'APP es trobava dispersada en diferents executables, i era hora de realitzar la unió del sistema en una sola aplicació. Pel fet que el sistema modular estava pensat des d'un principi, la unió no tindria que portar molts mal de caps, però havia de tindre en compte les següents revisions:

- Els *xml* dels programes, que contenen diferents modificacions de restriccions d'interfície per Android.
- Control de variables repetides, que en algun cas pogués portar problemes d'execució o errors crítics.



- Establiment de permisos per Android, com ara permís d'execució i administració del bluetooth.

A més, realitzar el codi pertinent al principi de l'estructura per al control de la interfície **Android Lollipop 5.1.1**, permetent amagar el menú de navegació digital que ve per defecte activat en l'execució de programes.

### 11.16. Conversions i càlculs de proporcions

Quan parlem de distàncies o dimensions d'un píxel, per norma tendim a relacionar la densitat de píxel d'una pantalla i el dot pitch<sup>38</sup>. Si la pantalla té una densitat de 426 ppi vol dir que per cada polzada tenim 426 píxels, i si la pantalla té 5,2 polzades i la seva relació 16:9 podem obtenir la resolució de 1920x1080p.

Però que passa quan parlem de píxels o punts dins d'un escenari 3D? La lògica ens diria que hem de relacionar la densitat de la pantalla amb el que visualitzem amb l'entorn 3D, però aquesta relació no és necessària, ja que podem jugar amb les proporcions per a interpretar distàncies.

En tots aquests càlculs, s'ha de tenir en compte les limitacions de OpenGL, el Z-Buffer i les distàncies. A partir de una distància superior a 10.000 punts/píxels qualsevol objecte representat mostra errors visuals. Això es degut a com treballa el Z-buffer i OpenGL. Existeixen formes de solucionar aquest problema mitjançant l'ús d'un *Buffer de Profunditat logarítmica*<sup>39</sup> o reduir les proporcions i les distàncies al mínim necessari, en el meu cas he optat per fer el segon, utilitzant distàncies màximes de 9.000 punts/píxels.

---

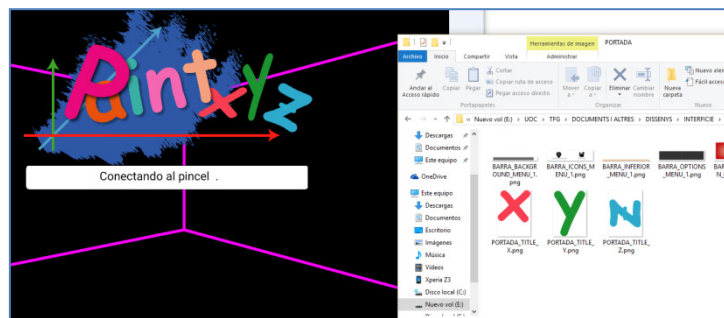
<sup>38</sup> **dot pitch**: Es la distància que hi ha entre dos píxels del mateix color i defineix la nitidesa de la pantalla. Howstuffworks TECH. What is dot pitch? [EN] <http://computer.howstuffworks.com/question401.htm>

<sup>39</sup> **Crear un buffer de profunditat logarítmica**: <http://outerra.blogspot.com.es/2012/11/maximizing-depth-buffer-range-and.html>

## 11.17. Construcció de la interfície - Portada [ANDROID]

Abandonant una mica la programació, vaig començar la realització de la interfície basant-me en els prototips i wireframes creats anteriorment. La idea era utilitzar els colors a partir de la guia realitzada, treballant sempre en resolució a 1920x1080p per ajustar la visibilitat de la interfície, ja que tota la interfície com la interacció es realitza en una pantalla de 5,2 polzades amb una densitat de píxel de 424 *ppi*<sup>40</sup>.

Per la construcció visual, basant-me en *regla dels terços*<sup>41</sup>, vaig realitzar diferents dissenys en *Photoshop* i *Illustrator*, dividint en diferents capes cada part de la interfície, permetent poder animar individualment cada part.



Il·lustració 24: Portada aplicació PaintXYZ Android

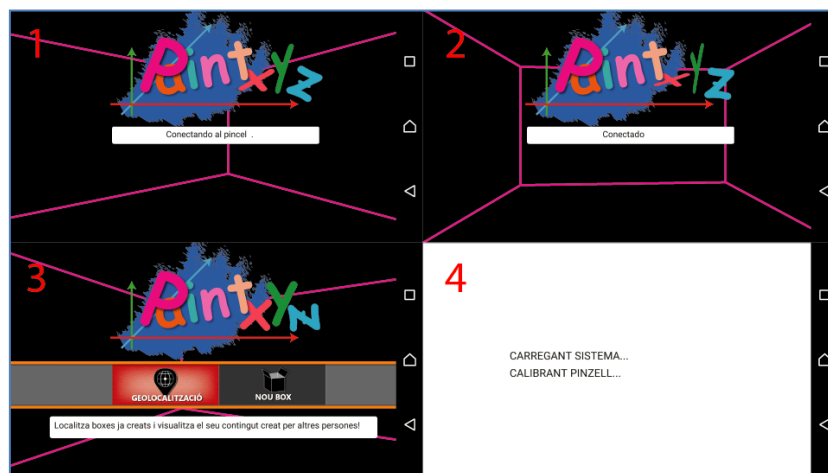
<sup>40</sup> *ppi*: pixel per inch (pixels per polzada).

<sup>41</sup> *DeCamaras - Fotografia digital. Regla de los tercios [ES] [Consultat 11/11/2015] <http://www.decamaras.com/CMS/content/view/350/61-Composicion-La-regla-de-los-tercios>*

## 11.18. Interacció de la portada [ARDUINO/ANDROID]

Tal com tenia planejat, vaig començar la construcció de l'objecte/classe Interfície que em serviria per al control total sobre la interfície del programa. Aquest objecte **conté funcions d'àmbit genèric** com per exemple el control de pulsació de botons que es pot cridar des de qualsevol part del programa. A més conté la càrrega d'imatges, les animacions, les interaccions usuari-interfície, etc.

Una vegada iniciem la portada, ens trobem en 4 fases seqüencials d'interacció ràpida, combinada amb animacions de transició. La primera fase és l'estat de connexió del pinzell, el qual comprova i realitza constantment la connexió amb el pinzell. La segona fase es tracta de l'avís d'establiment de connexió. La tercera fase ens mostra el menú d'inici de programa i finalment l'última fase inicia la càrrega del mode seleccionat per l'usuari.



Il·lustració 25: Procés de connexió bluetooth i càrrega de l'aplicació mòbil

## 11.19. Creacions de modes "Nou box" [ANDROID]

Una vegada realitzada la portada i trobada la relació entre distància real i distància de l'entorn virtual, vaig procedir a la construcció dels diferents modes de l'aplicació. Primer necessitava construir la interacció bàsica del sistema, que constava de:

1. Ús d'un *grid* de profunditat, que permet veure com és de gran el box.
2. Activar/desactivar el mode RV.
3. Activar/desactivar el mode RA.

Els dos últims estan relacionats, ja que quan es desactivi un, s'activarà l'altre. Primer vaig procedir en construir el *grid*, basant-me en el mètode de construcció del *background* de la portada, realitzant un procés de construcció automàtic mitjançant 3 *for()*:

```
void drawGrid(){
  pushMatrix();
  pushStyle();
  noFill();
  strokeWeight(1);
  stroke(0,255,0);
  beginShape(QUADS);
  for(int i=0;i<=80;i++){
    if(i==0 || i==80){
      pushStyle();
      strokeWeight(10);
      stroke(255,0,255);//14200 - 5700
      vertex(160000,10000,-160000+(4000*i));
      vertex(-160000,10000,-160000+(4000*i));
      vertex(-160000,-20000,-160000+(4000*i));
      vertex(160000,-20000,-160000+(4000*i));
      popStyle();
    }else{
      vertex(160000,10000,-160000+(4000*i));
      vertex(-160000,10000,-160000+(4000*i));
      vertex(-160000,-20000,-160000+(4000*i));
      vertex(160000,-20000,-160000+(4000*i));
    }
  }
}
```

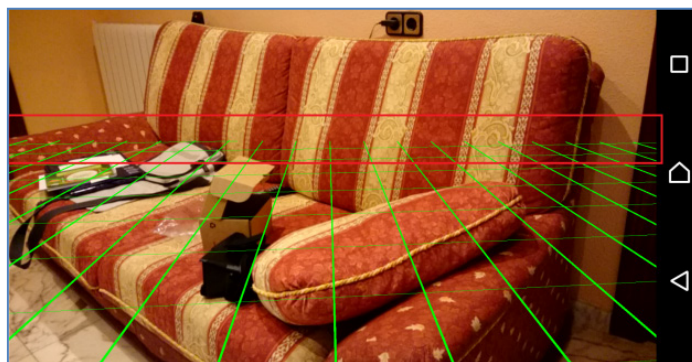
Per fer aparèixer i desaparèixer el grid, vaig utilitzar la funció genèrica de l'objecte *interfície* per al control de pulsacions, permetent interactuar amb aquest mode utilitzant el botó B4 del pinzell físic.

```

class InterfaceClass {
    (...)
    void loadApp(PApplet pa){
        (...)
        //Control de pulsació de botons
        this.buttonSwitchControlNonDelay();
        if(this.buttonSwitch2_4[0]==true){
            this.switch_modes_on_modules+=1;
            if(this.switch_modes_on_modules>3){
                this.switch_modes_on_modules=1;
            }
        }
        switch(this.switch_modes_on_modules){
            case 1:
                drawGrid();
                break;
            (...)
        }
    }
}

```

Una vegada realitzada la construcció del grid, vaig procedir a provar el programa, amb la consegüent localització d'un nou problema. El grid no es mostrava en la seva totalitat, com si alguna cosa tallés l'escenari virtual a partir d'una distància, això em donava una pista.



Il·lustració 26: Imatge dels problemes de talls visuals en la representació de l'entorn virtual

Tal com he explicat en punts anteriors, el sistema estava construït al voltant d'una càmera virtual amb la funció `camera()` de Processing, que era controlada amb càlculs i sensors del mòbil. Investigant sobre la càmera virtual, vaig trobar amb el terme

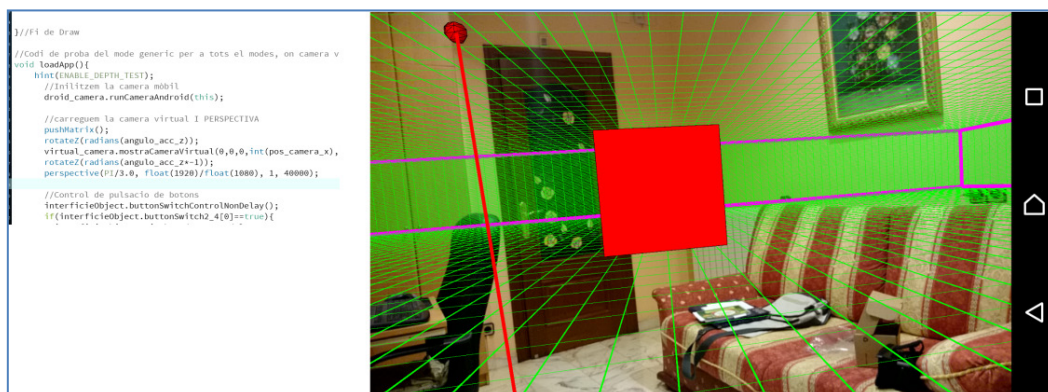
anomenat **clipping plane**<sup>42</sup>, que era la distància de visualització de l'entorn virtual marcada per la càmera virtual. Per defecte la càmera té una distància màxima de 6000 píxels/punts en línia recta, per tant a partir d'aquesta distància no es visualitza res.

```
perspective(fov y, aspecte, clipping plane proper, clipping plane llunyà);
```

**Fov:** field of view<sup>43</sup>.

**Aspecte:** proporcions de pantalla 16:9, 21:9, 4:3, etc.

La forma de solucionar aquest problema visual, era afegir una nova línia de codi, amb la funció **perspective()**, en la càmera virtual per modificar els **clipping plane** proper com el distant.



Il·lustració 27: Imatge del codi i problema solucionat modificant el clipping plane

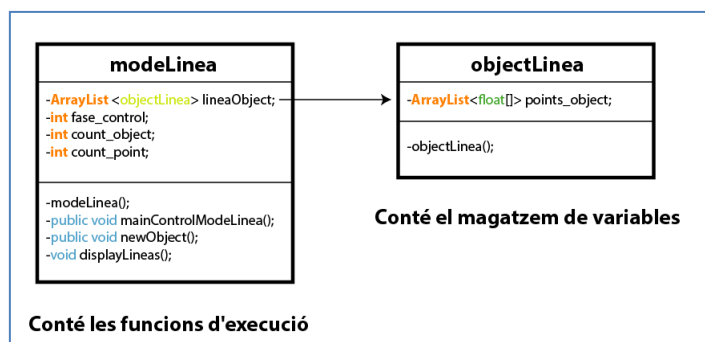
<sup>42</sup> **UCSF Computer graphics laboratory.** Clipping plane [EN] <https://www.cgl.ucsf.edu/chimera/current/docs/UsersGuide/clipping.html>

<sup>43</sup> **Field of view(camp de visió):** Camp o angle de visió es l'angle del camp visible, mesurat desde el punt central del objectiu de la camera. **Nikon.** Field of View [EN] [http://www.nikon.com/products/sportoptics/how\\_to/quide/binoculars/basic/basic\\_08.htm](http://www.nikon.com/products/sportoptics/how_to/quide/binoculars/basic/basic_08.htm)

## 11.20. Creacions de modes - Codi Processing [ANDROID]

El mode pinzell/línia, és el mode bàsic del sistema. El tracta de pintar les parets virtuals mitjançant el pinzell físic i les opcions que ens aportarà la interfície. En aquest mode podem realitzar línies amb profunditat a partir de diferents efectes, com si utilitzéssim un pinzell per pintar l'aire.

Per començar a construir aquest mode, em vaig basar en la idea original de concebre cada mode com una classe. En concret, el mode\_linea està compost per dues classes, una pel funcionament i l'altre com magatzem de variables.

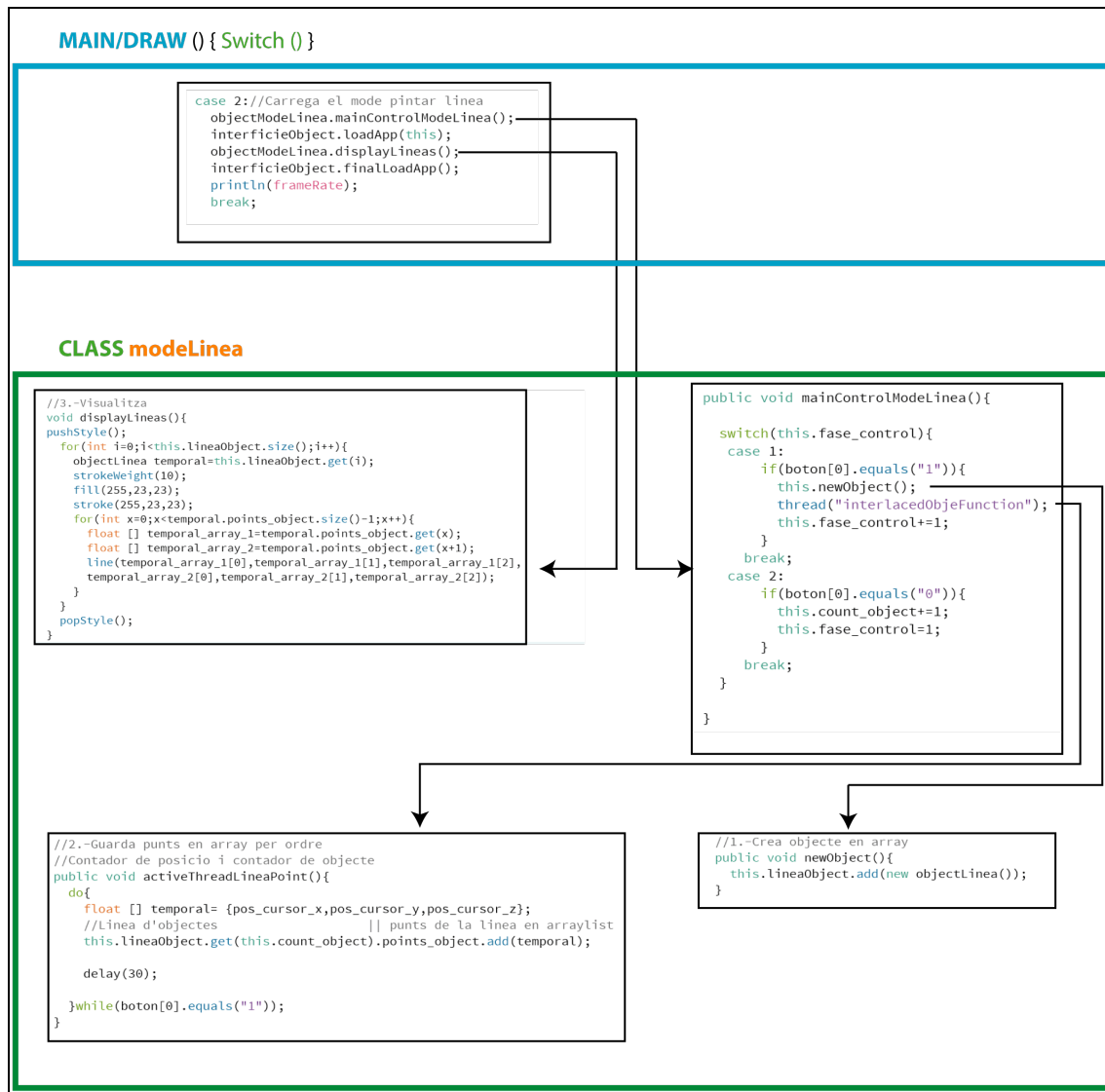


Il·lustració 28: Estructura de les classes per al mode Línia

Cada posició de l'**ArrayList** *lineaObject*, conté un objecte que representa cada línia de quan es polsa el botó del pinzell fins que es deixa. Això ens beneficiarà en el futur quan vulguem eliminar trams de línies. Llavors cada posició d'objecte conté un altre **ArrayList** que emmagatzema en cada posició un **array** del tipus *float* de 3 posicions, que ens servirà per emmagatzemar les coordenades de cada punt. Els **ArrayList** són perfectes per aquest tipus d'estructures, ja que podem controlar les dimensions amb la funció **.size()** sense haver d'especificar un límit de l'**array**.

Aquest mode interactua amb un altre objecte interfície, encarregat de mostrar la càmera virtual, el pinzell i els diferents modes (grid, RA i RV). D'aquesta forma no es

necessari copiar tot el codi per a cada mode, només s'ha de realitzar les crides dels objectes.



Il·lustració 29: Funcionament del mode Línia

El sistema funciona de la següent forma:

1. Carreguem l'objecte modelLinea en el **Draw()** amb la funció **mainControlModelLinea()** del mode.
2. Aquesta funció **main** conté un **switch** de control de pulsació, si polsem el botó B1, arrenca el sistema.



3. Quan arrenca el sistema realitzem dues tasques: La primera creem un nou objecte i la segona arrenquem un `Thread()` encarregat d'emmagatzemar els punts de coordenades dins de l'objecte creat fins que es deixa de polsar el botó, llavors el thread creat amb un bucle `do{...}while();` para.
4. Es visualitza les línies a partir dels punts guardats, només quan el sistema hagi creat un objecte i aquest contingui més d'1 punt, d'aquesta forma evitem errors.

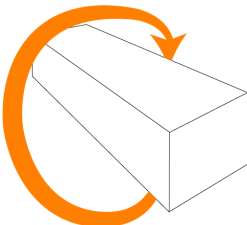
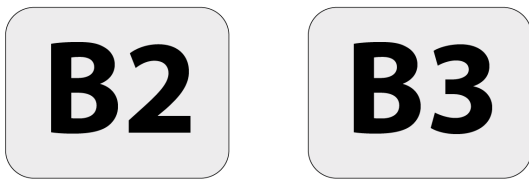
Amb aquest sistema permet crear diferents nivells de precisió en el magatzem de dades de l'objecte a partir del `delay()` afegit dins del `do{...}while();` . L'ajustament d'aquesta variable dependrà del mòbil que estiguem fent servir, ja que mentre més potent sigui em mòbil, més precís podran ser les nostres línies, per exemple, amb un `delay` de 30, significa que guardarem fins a 30 punts per segon i amb un `delay` de 10 podrem guardar fins a 100 punts per segon.

## 11.21. WALKMODE

El walkmode, és un mètode d'interacció amb l'entorn virtual. Aquest mètode ens permet moure'ns per l'escenari de dues formes.

- Mitjançant el pinzell físic i els botons.
- Mitjançant el moviment real.

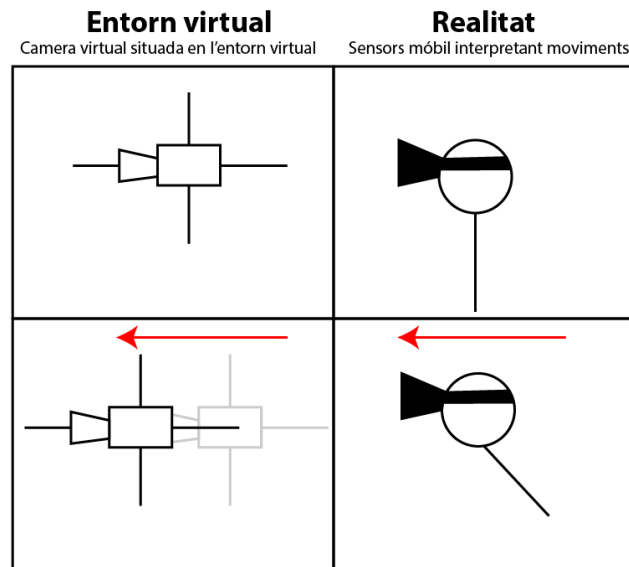
La **primera forma** es basa en el moviment d'un joc, fent servir el pinzell com un control de consola o *joystick*. Per interactuar utilitzo el moviment *roll* del pinzell per a realitzar els moviments laterals cap a l'esquerra o dreta, i amb els botons B2 i B3 realitzo els moviments endavant i enrere respectivament. Per a fer els girs, utilitzo el moviment yaw de càmera, que indicarà cap a on vull girar. El botó B1 ens servirà per pintar mentre realitzem moviments.

	Avanç lateral esquerra i dreta
	Avançar o retrocedir

Il·lustració 30: Botons i interacció necessària per utilitzar WALKMODE

Pel que fa a la **segona forma**, és un sistema que hi he treballat en profunditat, a causa dels problemes de lectures i inconvenients que té utilitzar els sensors del mòbil. Aquest sistema es basa en llegir el moviment del cap per interpretar l'avanç de la càmera. Quan movem el cap endavant o enrere, la càmera realitza o interpreta aquest

moviment en l'entorn virtual. Aquest sistema no es pot fer servir per a caminar per l'entorn virtual per culpa de la imprecisió i els errors que donen els acceleròmetres i només serveix per a realitzar moviments en 4 direccions.



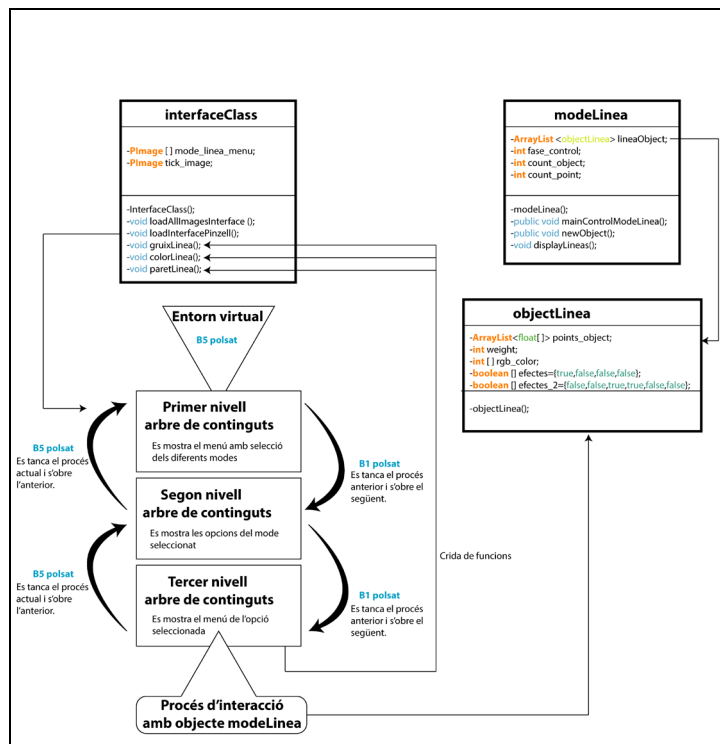
*Il·lustració 31: Exemples d'interacció WALKMODE*

## 11.22. Creacions de modes - menús d'accés ràpid [ANDROID]

Una vegada construït els modes, era necessari la construcció dels menús per a la interacció del sistema entre usuari i aplicació. Els menús d'accés ràpid són els primers menús que ens trobem en la interacció. La seva essència es basa, com diu el nom, en una interacció ràpida per tal que no es trenqui els fonaments de l'aplicació. Però abans de realitzar la construcció i programació vaig analitzar un conjunt de punts:

- **Primer:** Necessitava investigar les opcions que donaria l'usuari per interactuar amb el sistema.
- **Segon:** Vaig analitzar en quin ordre anirien aquestes funcions per facilitar la interacció per poder accedir a elles amb certa rapidesa i que la interfície fos el suficient intuïtiva.
- **Tercer:** Vaig analitzar quines funcions complirien els botons del pinzell físic amb la interfície.
- **Quart:** Vaig crear un arbre de continguts de referència, generar els wireframes d'aquesta interfície i prototips gràfics.
- **Per últim:** Vaig realitzar unes proves de laboratori d'usabilitat amb diversos usuaris, estudiant les dades obtingudes. En finalitzar l'estudi, vaig iniciar la programació i construcció del disseny utilitzant Illustrator/Photoshop.

En l'inici de la construcció, vaig dibuixar en paper la cadena d'interaccions del codi per sintetitzar el sistema des de l'inici. El propòsit d'aquesta tasca era optimitzar el màxim possible el sistema, sense alentir el conjunt per tal que la interfície quedaria desactivada sempre que no és crides, amagant o tancant qualsevol càlcul en relació amb aquesta.



Il·lustració 32: Funcionament de la interacció amb la interfície dels diferents modes.

La programació de la interfície es basa en la combinació de controls *if()*, amb l'ús de *switch()* per la càrrega d'animacions o activacions de part de la interfície. Per a la visualització quedés per sobre de qualsevol objectes/representació de la pantalla, vaig haver de jugar amb la comanda *hint(DISABLE\_DEPTH\_TEST)*; per desactivar el *z-buffer* i generar una *camera()* nova al final de la representació de cada frame per tal de posicionar la vista en un punt sense perspectiva. Per fer això vaig utilitzar la funció encarregada de finalitzar el frame *finalLoadApp()* per a carregar la interfície, de tal forma que no hagués d'obrir i tancar constantment el *z-buffer* del sistema, cosa que podria alentir el rendiment general de l'aplicació.

```

void loadInterfacePinzell(){
//-----
//Carrega nove camera, desactivaci
//-----
camera();
hint(DISABLE_DEPTH_TEST);
imageMode(CORNER);
(...)
}

void finalLoadApp(){
pushMatrix();
//Carrega la interfície del sistema
this.loadInterfacePinzell();
popMatrix();
popMatrix();
}

```

Il·lustració 33: Codi on es pot veure les diferents funcions principals de la càrrega dels modes

## 11.23. Creació de la interfície - Menú avançat [ANDROID]

Una segona forma d'interactuar amb el sistema, és a partir del menú avançat. El menú avançat conté opcions que s'utilitzen de forma puntual, per tant aquest menú està amagat i només apareix a partir de l'execució de dues pulsacions seguides del botó **B5**.

```
if(active_menu_control[1]==false && active_menu_control[2]==false
&& active_menu_control_2[1]==false && active_menu_control_2[2]==false){
//Control de pulsacions principal
if(this.buttonSwitch2_5[0]==true){
if(this.first_control==0){
this.time_active = millis();
this.first_control=1;
}else{
this.first_control=0;
//Si la segona pulsació es fa abans de 2 segons de la
//primera pulsació, arrenca el menú avançat
if(millis()-this.time_active <2000){
this.switch_program_modules=4;
}
}
this.buttonSwitch2_5[0]=false;
}
}
```

Il·lustració 34: Codi d'activació del menú avançat

En el menú avançat podem trobar les següents opcions:

- **Mode de visualització:** Podem intercanviar entre mode RV i RA.
- **Netejar escenari:** Aquesta opció elimina tots els objectes creats de l'escenari.
- **Geolocalització Boxes:** Ens permet anar al mode de geolocalització, mostrat en portada.
- **Guarda box:** Guarda en la base de dades les coordenades i tots els objectes creats.

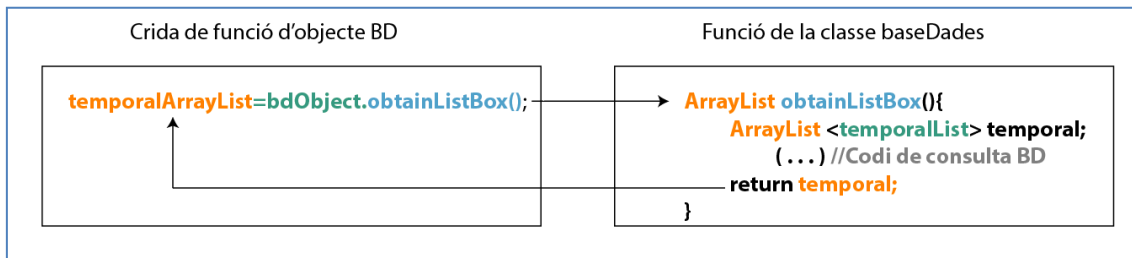


Il·lustració 35: Menú avançat

## 11.24. Base de dades

Una vegada introduït el menú avançat, necessitava crear la comunicació amb la base de dades. A partir de la llibreria Ketai, vaig realitzar una nova classe anomenada *class\_database*. Aquesta classe contindria totes les funcions de comunicació amb la base de dades: Connexions, guardat i càrrega.

Per establir la comunicació entre la classe i la resta del programa de forma genèrica<sup>44</sup>, algunes funcions tenen un retorn de variables del tipus *ArrayList()*.



Il·lustració 36: Funcionament de la BD

Amb aquestes variables obtinc totes les dades necessàries i les puc tractar al meu gust per mostrar-les o eliminar part del contingut cercat. També he generat en les consultes de les bases de dades del tipus "*WHERE*" per tal de reduir el temps de consulta a la base de dades, tenint en compte la quantitat de dades dels objectes del tipus línia.

<sup>44</sup> Amb genèrica em refereixo que la funció serveixi per a ser cridada des de qualsevol punt i no sigui específica per a un únic sol ús.

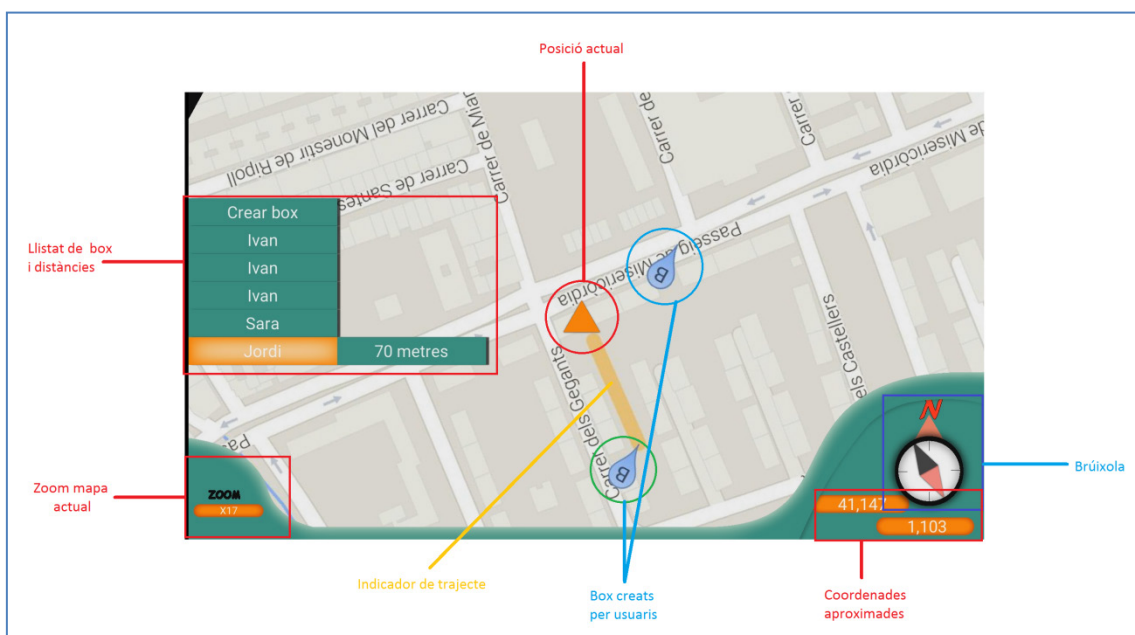
## 11.25. Geolocalització [ANDROID]

La idea que tenia per l'aplicació, era crear contingut i poder-lo situar en un entorn real mitjançant la detecció de moviment i coordenades. Fins ara he parlat de com es creaven els **box** i la seva interacció, però falta el sistema de localització de coordenades.

La geolocalització és un sistema per a localitzar en un mapa els **box** creats pels usuaris. Podem trobar aquesta opció en l'inici de l'execució de l'aplicació o en el menú avançat dins de "**Nou box**". Dins d'aquest sistema podem trobar dos passos per arribar a un box creat i veure el seu contingut.

- **Primer pas:** Visualitzar el mapa i veure el llistat de box pròxims.
- **Segon pas:** El sistema ens indica com arribar al box seleccionat i en situar-nos a prop del box el sistema ens llençarà un avís de que ja podem visualitzar el box.

Quan entrem a l'aplicació, el primer que ens trobem és el procés de cerca de boxes en el mapa.



Il·lustració 37: Interfície mode Geolocalització



El sistema realitza una lectura de la base de dades i obté tots els boxes i les seves coordenades. Seguidament el retorna amb el *ArrayList* i l'aplicació interpreta les coordenades en un mapa, dibuixant els boxes més pròxims i a la distància que es troben.

Per realitzar aquesta interpretació i dibuix, estic utilitzant els mapes de Google, per tant és necessària una connexió a Internet per al seu funcionament.

## 12. APIS/Llibreries

### 12.1. Android SDK

Autor	Versió	Compatibilitat amb	Llicència	Enllaç descàrrega
Google	24.3.4	Processing	<a href="#">Termes i condicions</a>	<a href="#">Link</a>
Descripció				
<p>Android Software Development Kit (SDK) es un conjunt de llibreries creades per Google, que ens permet crear i compilar aplicacions per a sistemes operatius Android.</p>				
Canvis realitzats				
<p>-Canvis en el patch del sistema pel reconeixement de la llibreria per part de Android Mode.</p>				
Ús				
<p>Per al ús del <i>Android Mode</i> per Processing, ha sigut necessari instal·lar un conjunt de llibreries de Google, per crear les app per sistemes Android. També ha sigut necessari per la crida de llibreries Android en la generació de part del contingut de l'aplicació.</p>				

### 12.2. Processing: Ketai Library

Autor	Versió	Compatibilitat amb	Llicència	Enllaç descàrrega
Paul Saucer	v.12	Processing	<a href="#">Open Source</a>	<a href="#">Link</a>
Descripció				
<p>Ketai es una llibreria creada especialment per facilitar les crides de llibreries Android, i utilitzar sensors, càmera i connexions a la xarxa del mòbil.</p>				
Canvis realitzats				
<p>-Modificacions de la classe Bluetooth per millorar la velocitat d'execució de la llibreria.</p>				
Ús				
<p>Utilitzar per realitzar les connexions bluetooth, crides de la càmera i lectura dels sensors IMU.</p>				

### 12.3. Processing: Android Mode

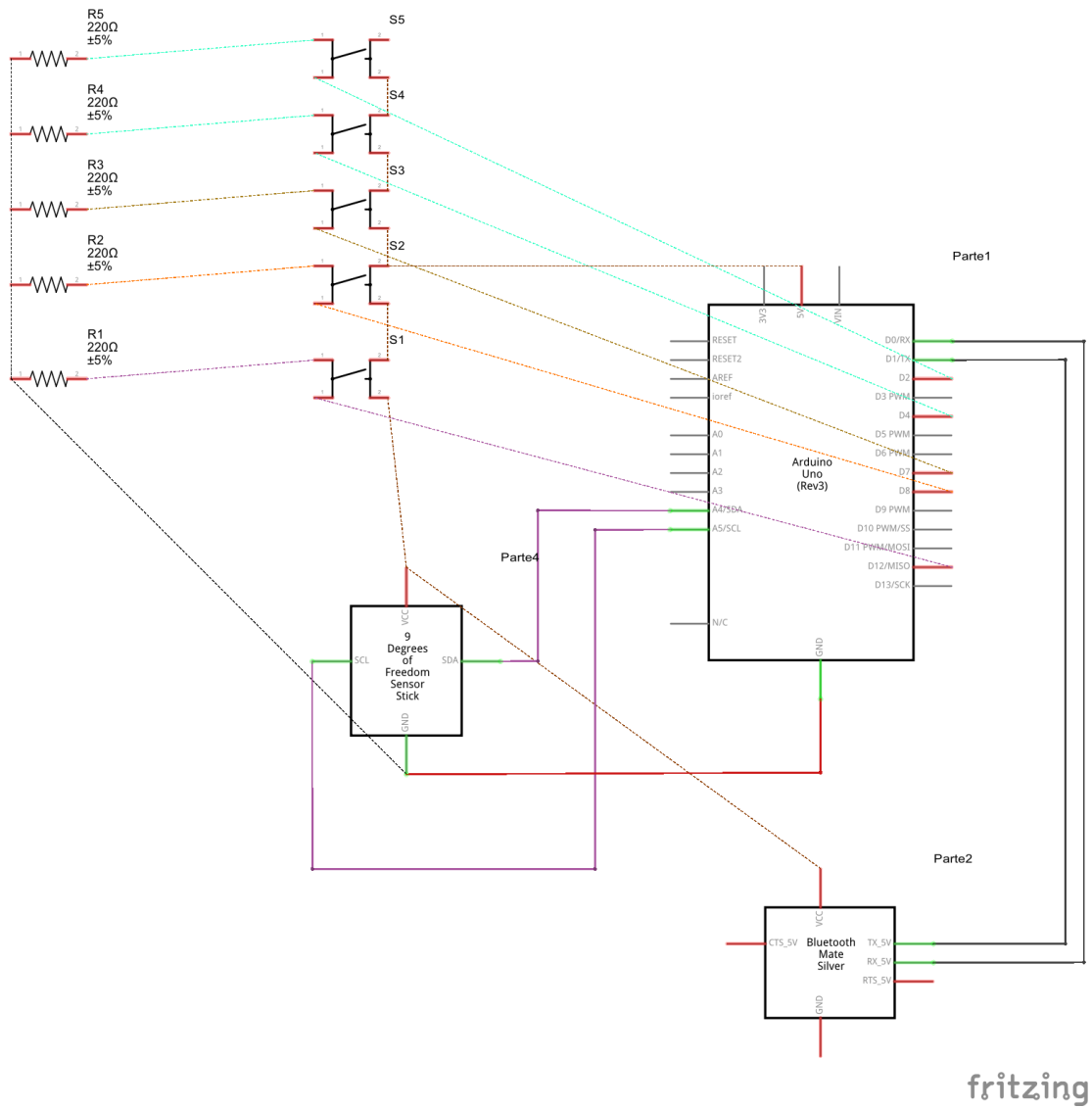
Autor	Versió	Compatibilitat amb	Llicència	Enllaç descàrrega
<b>Ben Fry</b>	3.0-beta3	Processing	<a href="#">Open Source</a>	<a href="#">Link</a>
Descripció				
<p>Mode de Procesing que ens permet realitzar aplicacions per Android utilitzant Processing i Java. Permet compilar l'aplicació, utilitzar les llibreries de Google SDK Android, modificar les versions d'Android, modificar permisos, etc.</p>				
Canvis realitzats				
N/A				
Ús				
<p>En el projecte, ha sigut la base de programació per l'aplicació mòbil, facilitant les tasques de disseny. A més m'ha permès utilitzar llibreries Java per Android de forma nativa.</p>				

### 12.4. Arduino: GY-80

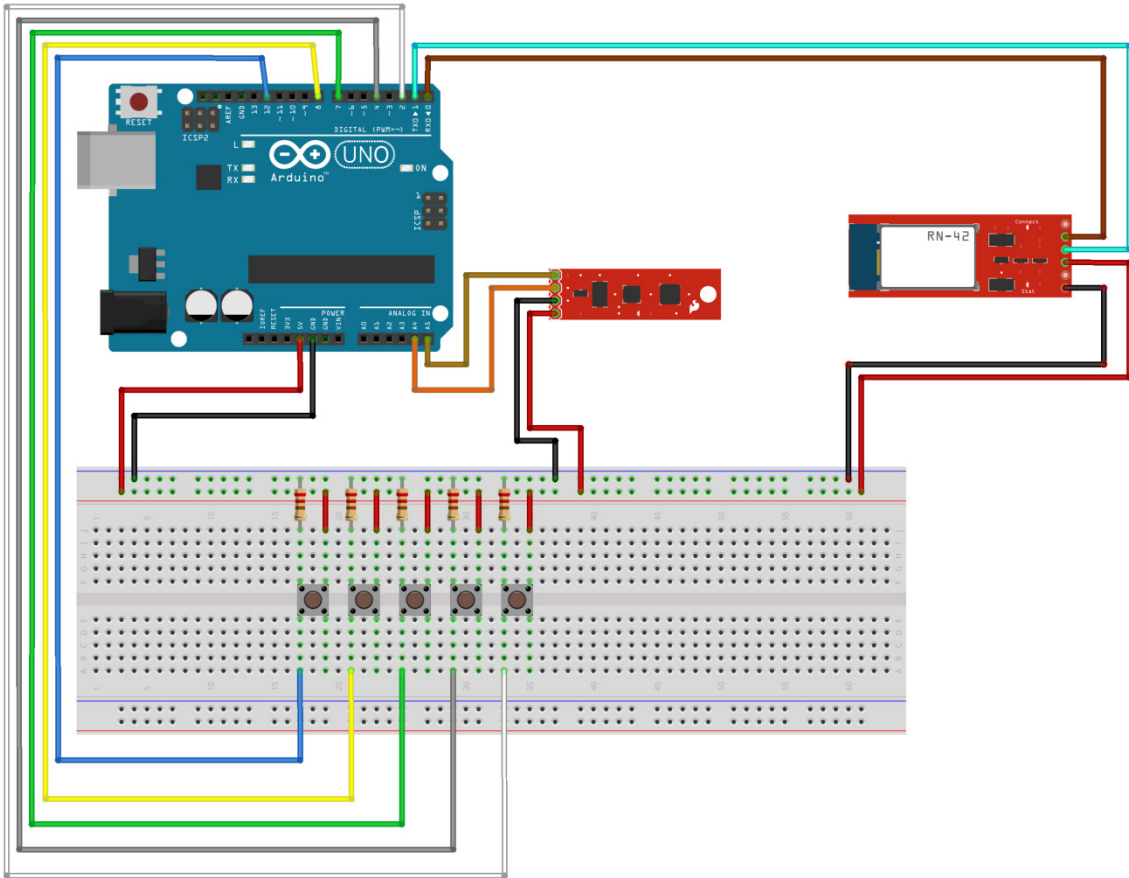
Autor	Versió	Compatibilitat amb	Llicència	Enllaç descàrrega
<b>Korneliusz Jarzebski</b>	1.1.0	Arduino	<a href="#">Open Source</a>	<a href="#">Link</a>
Descripció				
<p>Llibreria per Arduino, que permet facilitar les connexions a IMU's GY-80/MPU6050 i els seus sensors HMC5883L, ADXL345, DS3231 i L3G4200D, amb l'ús de poques línies de codi.</p>				
Canvis realitzats				
N/A				
Ús				
<p>Utilitzat per obtindre els valors RAW i els procediments per realitzar els càlculs pertinents.</p>				

# 13. Diagrames de connexions Arduino

## 13.1. Esquema

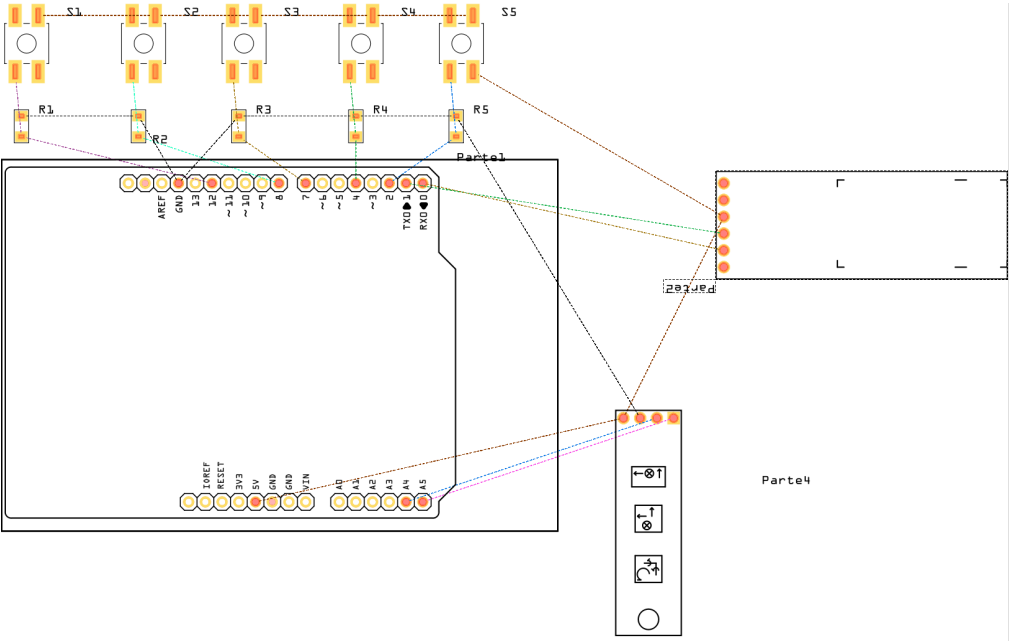


### 13.2. Esquema protoboard



fritzing

### 13.3. Esquema PCB



fritzing

## 14. DCU, usabilitat, accessibilitat i prototipat

Encara que no es tracta d'un projecte web, el sistema **PaintXYZ** també treballa amb la interacció amb l'usuari, fent ús d'interfícies gràfiques per la comunicació IPO<sup>45</sup>. Per tant, la creació del projecte no s'ha basat solament en l'anàlisi d'estructures de programació, sinó en el disseny i usabilitat d'interfícies del sistema.

El procés a seguir ha sigut establert en l'inici del projecte i es basa en els següents punts:

- Obtenció i recopilació de recursos
- Organització i estructuració.
- Disseny i prototipat.
- Avaluar.

### 14.1. Recursos i requisits

El primer procés a dur a terme era analitzar el context d'ús del sistema i la seva possible interacció. L'usuari interactua amb un entorn virtual mitjançant l'ús de botons i gestos que serien interpretats pel sistema en **temps real**. Per tant la interacció amb la interfície havia de ser ràpida per no trencar el terme **temps real**.

Així que vaig recopilar i investigar sobre interfícies gràfiques per aplicacions *APP* i sistemes de realitat virtual per analitzar els estudis actuals i no perdre temps en la correcció d'errors comesos en la creació d'interfícies.

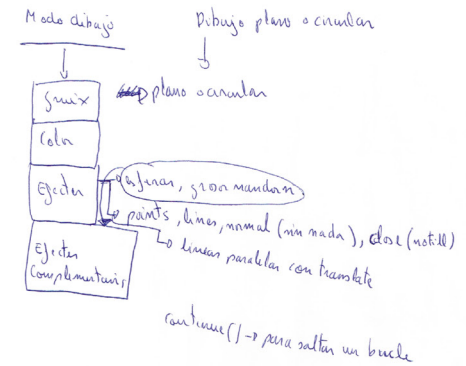
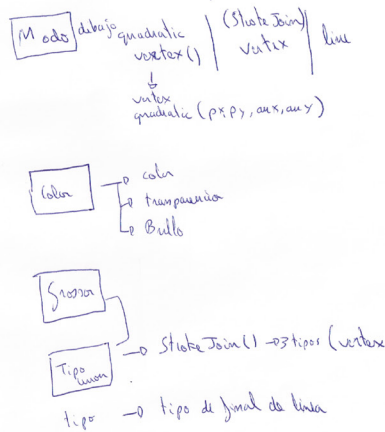
Seguidament vaig analitzar les possibles interaccions del sistema i generar el possible primer arbre de continguts i possibilitats del sistema.

---

<sup>45</sup> IPO: Interacció persona ordinador.

Modo dibujo	1	2	3	4
Modo dibujo	quadratic vertex()	vertex (begin shape)	line	
Efectos	- Stroke weight	- StrokeJoin	- esferas - grosor - round	
Color	→ color → transparencia → Bullo	- Stroke weight	- Stroke weight - StrokeCap()	
Grosor	→ Stroke weight()	- begin shape()		

- Object Mode**
- modo 4 puntos (Fill/noFill)
  - modo 3 puntos
  - modo 6 puntos (Triangle-Fan)
  - modo libre 4 puntos (quads)
  - modo libre 4 puntos union total (quad-strip)
  - modo libre total.



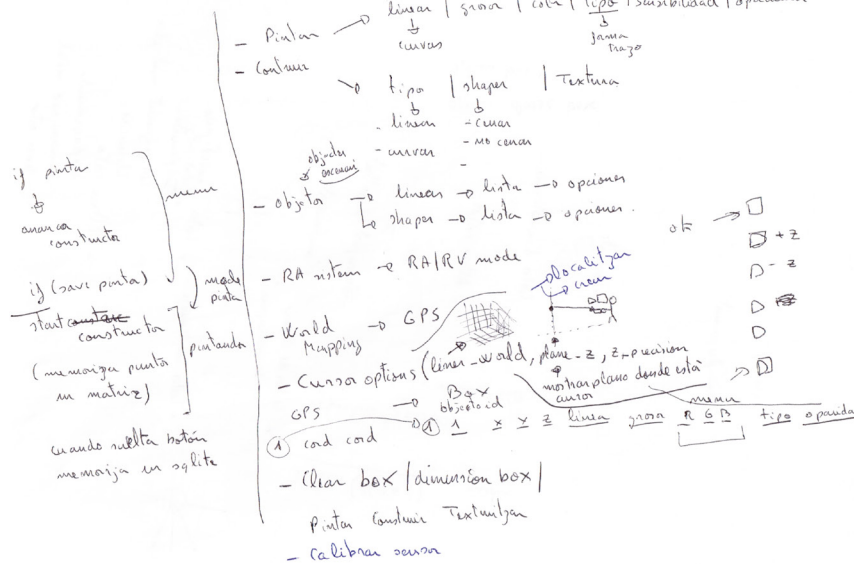
- Muni avanzado**
- Precision punto z
  - Dimensiones grid
  - Limpieza pantalla
  - Guardar base datos
  - Scale/translate
  - RA/RV
  - Calibrar
- Madr**
- línea
  - Obj → normal parámetros
  - Animación
  - Texturas

lateral menu

- B1** → accept/inter option
- B2** → incremental
- B3** → decremental
- B4** → see/hide description option
- B5** → exit without exit

línea

- start capturing points
- z
- z
- reinita on/off
- menu



En la creació d'aquesta documentació es va generar un total de 24 folis A4.

Per la realització de l'estudi de possibles perfils, la idea era investigar cap a on es volia dirigir el producte o quines intencions de futur es volia aconseguir per a una possible producció i venda. En un principi el projecte estava pensat o encaminat cap a una branca d'investigació de tecnologies actuals i la seva aplicació en el món de la multimèdia, per tant la cerca de perfils no és del tot acurada encara que orientativa per a futurs canvis.

## 14.2. Perfils

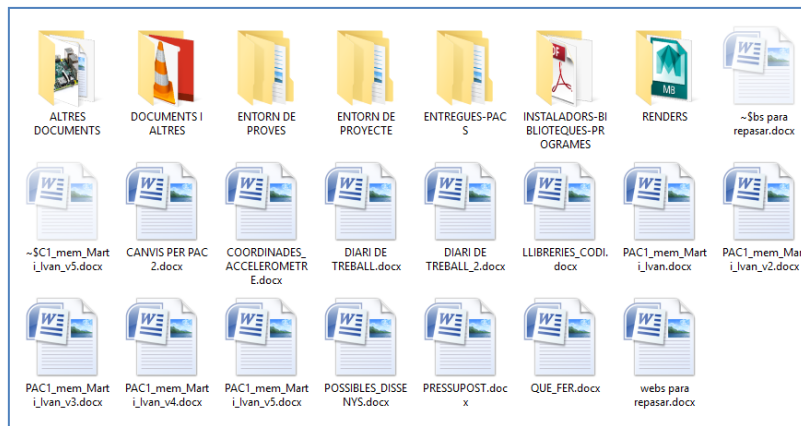
El **perfil d'usuaris actual** del projecte, està orientat a joves dels 16 fins als 40 anys i interessats per les noves tecnologies, la realitat virtual, augmentada. El sistema utilitza les capacitats dels *Smartphones* per visionar l'espai virtual, un *Cardboard* i un pinzell creat amb Arduino. El cost d'aquest producte és reduït, per tant **el sistema és accessible econòmicament a la gran majoria de perfils estudiats**, i la construcció del pinzell físic pot ser replicat fàcilment a partir d'unes instruccions o pot ser posat a la venda amb un cost econòmic reduït.



### 14.3. Organitzar i estructurar

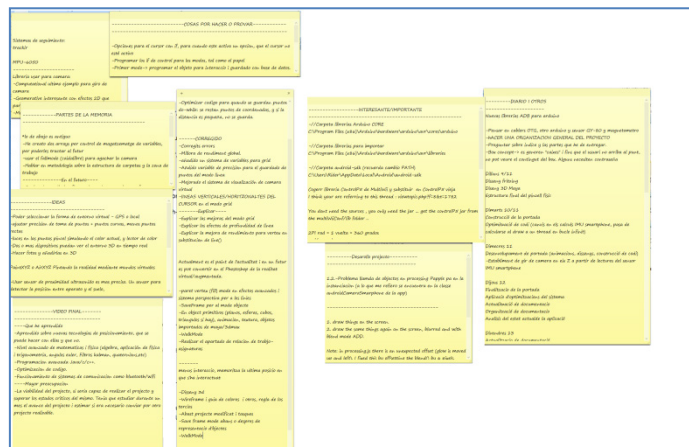
Una de les parts importants i que he dedicat molt de temps, és en l'organització i estructuració d'idees i informació del projecte. En els primers dies, la informació recollida i creada era important, així que vaig haver d'idear un entorn de treball per organitzar totes les dades generades.

Primer vaig generar una estructura de treball a l'ordinador. La idea era crear un seguit de carpetes per ramificar el treball, de tal manera que tingués accés a qualsevol contingut de forma entenedora.



Il·lustració 38: Directori de treball

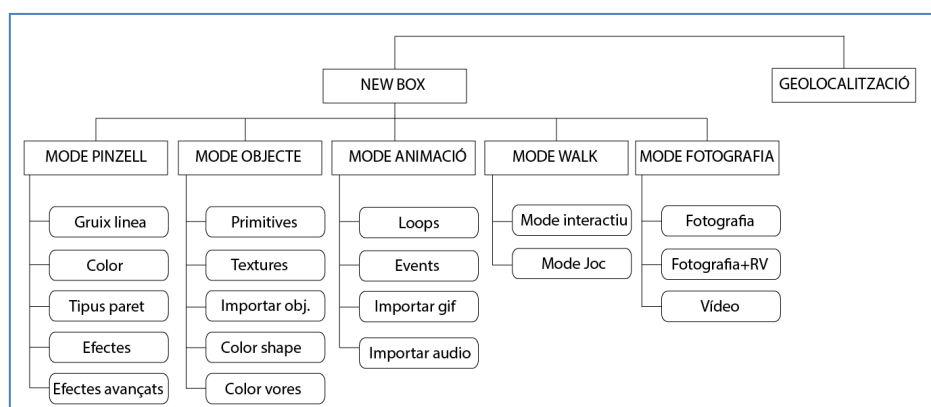
Aprofitant les capacitats del sistema Windows, vaig fer ús de "Notas ràpides" per realitzar anotacions ràpides i organitzacions d'informació, per tindre accés a parts del projecte de forma ràpida.



Il·lustració 39: Notes ràpides de Windows 8.1/10 sobre el treball final de grau

## 14.4. Disseny i prototipatge

A partir de la construcció de l'arbre de continguts, la informació recopilada i un estudi de disseny de la interfície del projecte, vaig començar a crear els primers prototips. Es tractava d'idear una interacció ràpida amb pocs clics, per tal que l'usuari no es perdés en un mar d'interaccions. Per tant la senzillesa era el concepte apropiat per la creació de la GUI<sup>46</sup> en l'aplicació mòbil.



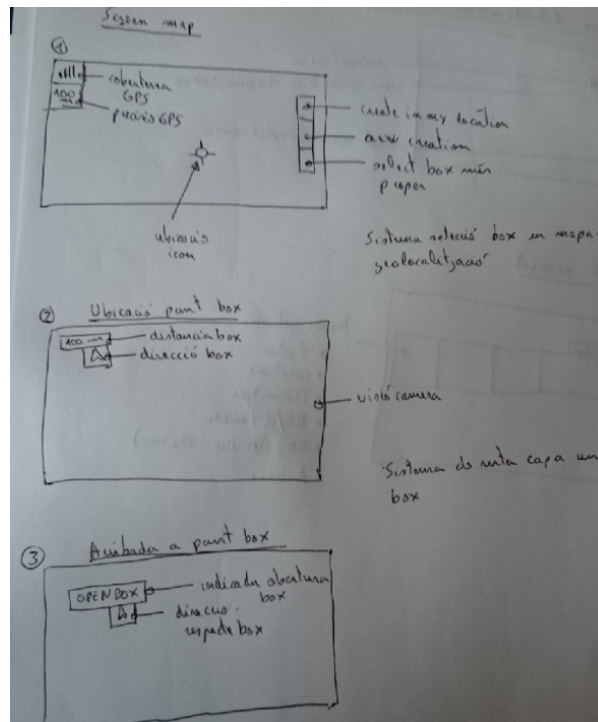
Per al posicionament de la interfície, la idea era mantenir la interfície amagada en tot moment, perquè no suposés una molèstia per l'usuari a l'hora d'interactuar amb l'entorn virtual. Quan l'usuari polses el botó B5, la interfície apareixeria amb una animació d'interpolació o recorregut fins a poder ser visualitzada per l'usuari. Mitjançant l'estudi de la *lleï dels terços* utilitzada en fotografia, es va realitzar la posició final de la interfície, que es troba en una ubicació que no trepitja el fons de tal forma que l'usuari encara pot visualitzar l'entorn mentre interactua amb les opcions de l'aplicació.

Finalment, vaig realitzar una guia d'estils per tal que la interfície complís amb la normativa del disseny presa i no és trenques l'harmonia d'aquesta.

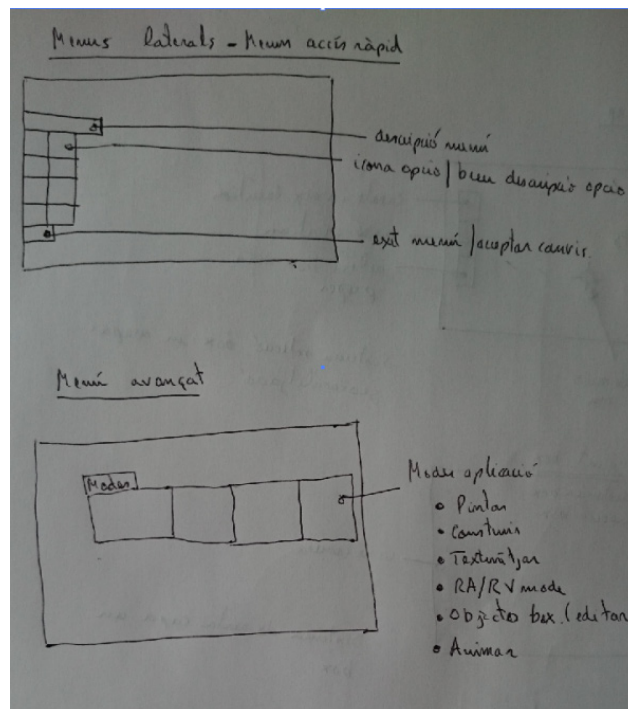
<sup>46</sup> Interfície gràfica de usuari.

## 14.5. Lo-Fi - Sketches

Versió 1.0 menú orientatiu aplicació mòbil. Interacció bàsica d'accions proposades, pot variar en el disseny final.



Il·lustració 40: Sketches inicials dels menús aplicació mòbil sistema geolocalització.



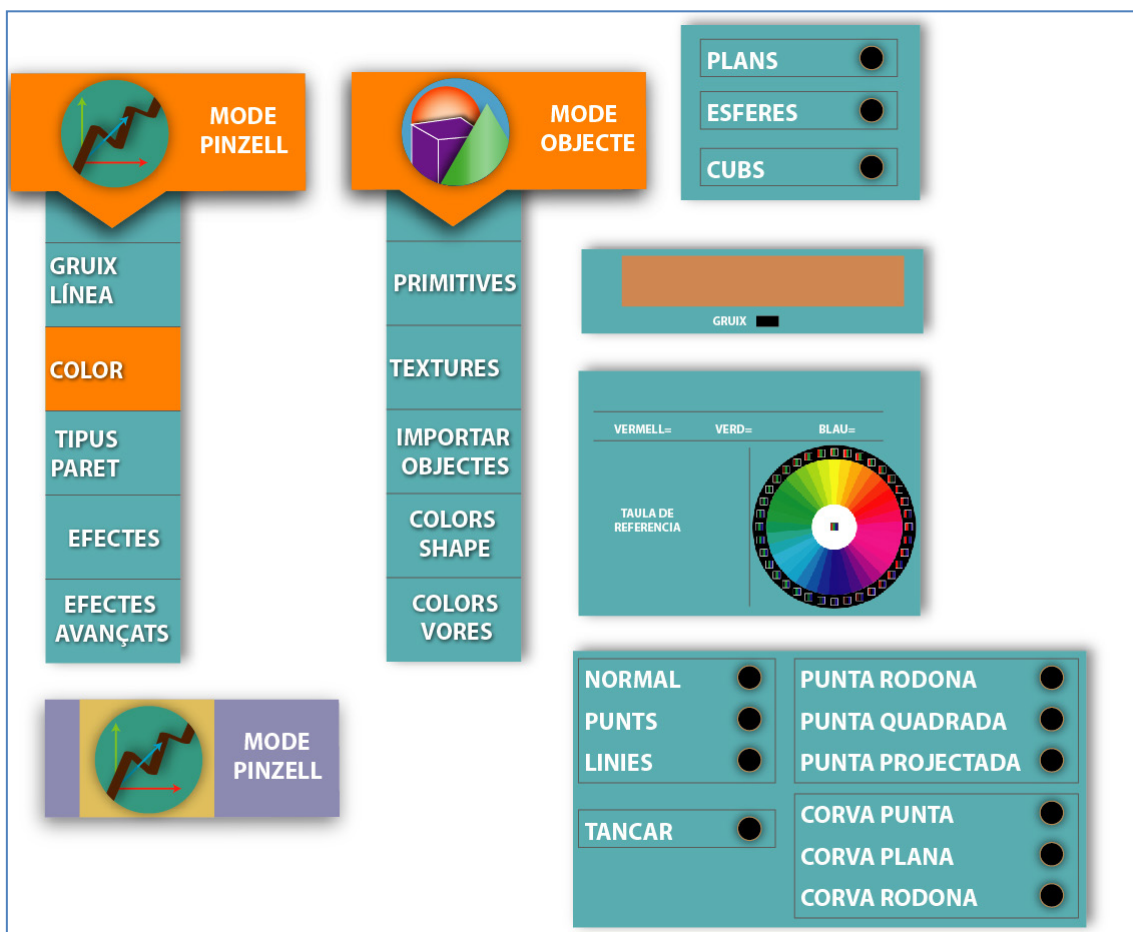
Il·lustració 41: Sketches inicials dels menús aplicació mòbil. Sistema de menús boxes.

## 14.6. Hi-Fi - Sketches

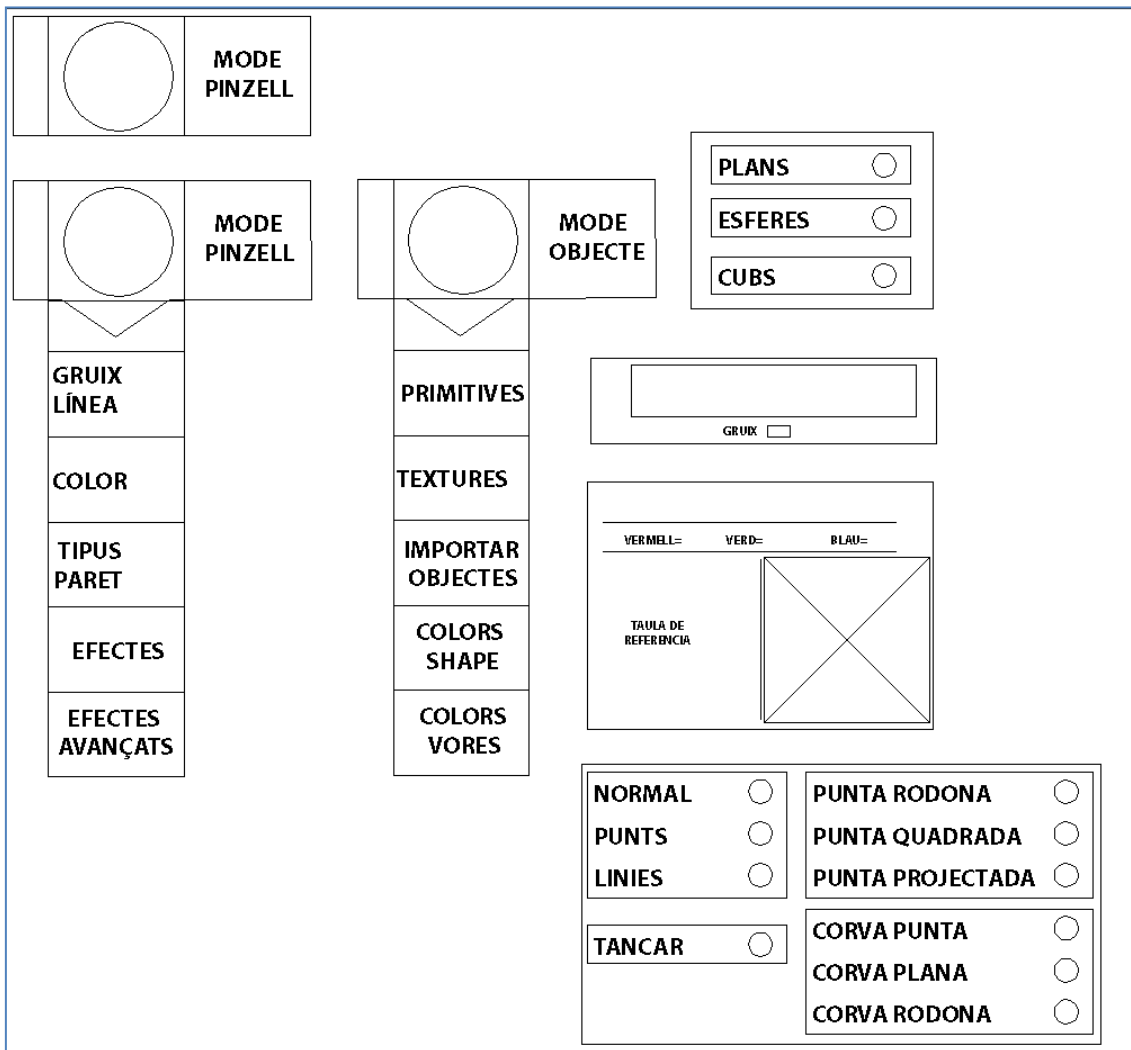
### Interfície portada



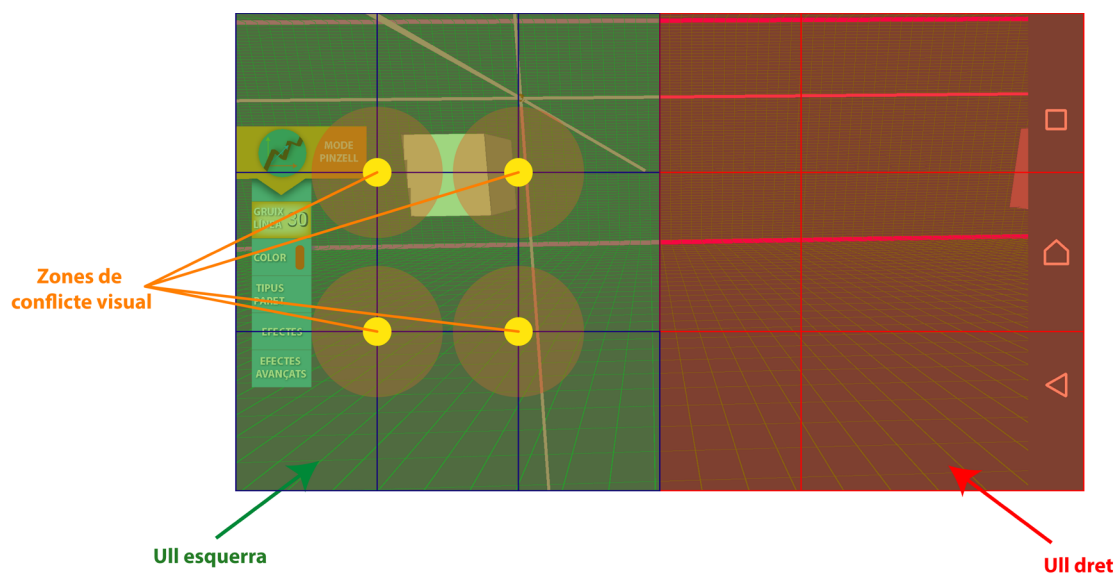
### Interfície Modes prototip gràfic



Wireframes



## 14.7. Posicionament

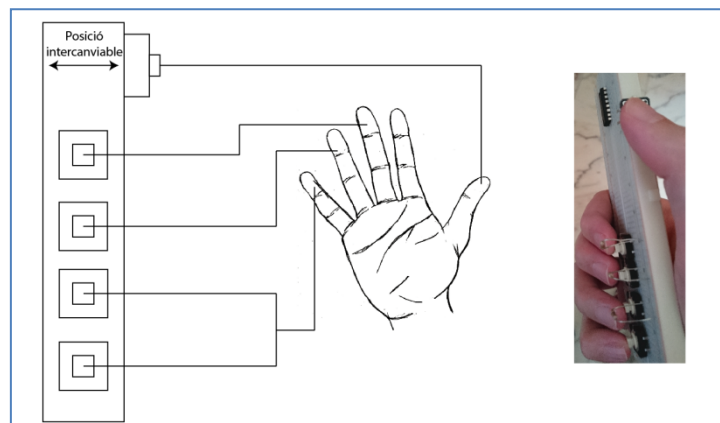


## 15. Estudi d'ergonomia

S'ha fet un estudi d'interacció, usabilitat i accessibilitat sobre el pinzell físic, per mantindre els següents conceptes i ideals:

- Fàcil d'utilitzar (instintiu).
- Fàcil de memoritzar.
- Còmode en l'ús.

En referent al concepte físic del pinzell, s'ha buscat la comoditat i fàcil d'utilitzar, amb la idea d'un comandament a distància i la subjecció d'un pinzell de pintura. L'usuari al agafar l'objecte, instintivament col·loca els dits sobre els botons i ja sap quines podrien ser les funcions del control.

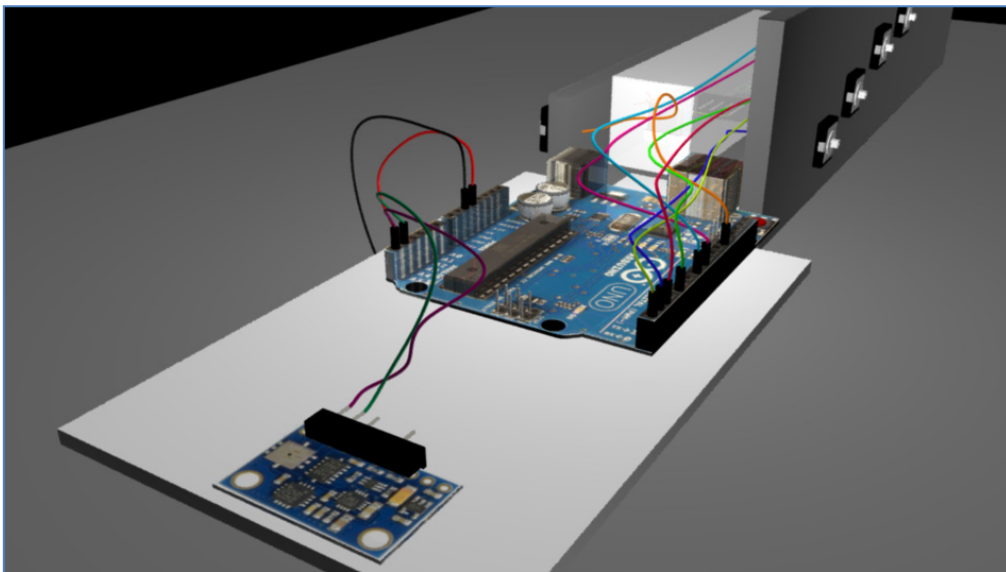


Il·lustració 42: Col·locació dels dits en el pinzell físic.

El polze realitzarà les tasques principals, mentre que la resta de dits realitzaran tasques secundàries. L'usuari quan agafa el control ja veu que el botó situat al polze es troba en una ubicació diferent de la resta, per tant pensa que deu tindre una funció principal o més important. Al subjectar el mànec com un control a distància es fa encara més instintiu.

El dit petit de la mà es centra en accions contraries al polze, com ara cancel·lar, sortir, etc. Aquesta decisió es presa ja que el botó es troba en la posició més llunyana i situat sobre el dit que normalment no utilitzem per accions principals. Així evitem en gran mesura les accions no desitjades i inconvenients sobre la interfície.

**Disseny pinzell físic 3D v1.0**



**Disseny pinzell físic 3D v2.0**





Després de fer un estudi dels nous estendards de pulsacions i interaccions sobre perifèrics, s'ha fet un control de temps sobre les pulsacions per tal d'ampliar les interaccions del sistema. Per exemple, pulsar una vegada el botó menú, obrirà el menú de ràpid accés i si polsem dues vegades seguides el mateix botó, s'obrirà el menú avançat del sistema.

Finalment, s'ha mapejat els botons per què tinguin múltiples accions sobre la interfície, de tal forma que el boto obrir el menú també serveix per cancel·lar/sortir/guardar, i els botons de desplaçament de coordenades son els mateixos de desplaçament de menús. Per tant les accions estan relacionades entre elles, per facilitar la comprensió del sistema, de forma intuïtiva.

Botons	Interacció entorn virtual	Interacció menús
<b>B1</b>	Pinta o crea objectes en l'entorn virtual.	Accepta/entra en opcions/menús.
<b>B2</b>	Incrementa la distància coordenades Z	Incrementa la posició dins de la interfície o incrementa els valors de les opcions seleccionades.
<b>B3</b>	Decreix la distància coordenades Z.	Decreix la posició dins de la interfície o decreix els valors de les opcions seleccionades
<b>B4</b>	Activa/desactiva el mode grid i mode orientació.	Activa/desactiva el mode grid i mode orientació.
<b>B5</b>	Una pulsació: Activa el menú ràpid del sistema.  Dues pulsacions seguides: Activa El menú avançat del sistema	Retorna a menús anteriors o tanca el menú ràpid o avançat

## 16. Seguretat

### 16.1. Aplicació mòbil

L'aplicació mòbil fa ús de les llibreries SDK 22, per tant gran part de la seguretat recau en les llibreries del sistema. En referent al codi de l'app, l'aplicació fa ús de permisos per a diferents components del Smartphone. Els permisos que demana per al sistema són permisos que no comprometen les dades personal de l'usuari o la seguretat del sistema, com ara la connexió i accés al bluetooth, accés a la ubicació del GPS i la càmera del sistema.

### 16.2. Pinzell físic Arduino

El sistema de comunicació entre pinzell i *Smartphone* es realitza mitjançant bluetooth v4.0 A2DP. L'enciptació de dades no ha sigut determinant en la programació, ja que les dades transmeses no són de caràcter personal, a part que afectaria el rendiment final de l'aplicació i la comunicació.

El pinzell físic està recobert de plàstic dur lleuger, allunyant el contacte de l'usuari amb les parts electròniques, de tal forma que s'evita possibles accidents per contacte elèctric o el funcionament del sistema.

### 16.3. Base de dades

El sistema no emmagatzema dades personals de l'usuari, per tant en cas de robatori, no es pot sotraure res que comprometi a l'usuari.

## 17. Test usabilitat

El test d'usabilitat amb usuaris preparat constava de la preparació de documentació, realització i construcció de tasques, preparació d'un guió per al moderador, preparació d'un sistema d'interacció i visualització múltiple.

La prova constava de 7 seccions:

1. Inicialització de la prova i presentació
2. Informació i preparació per a l'usuari
3. Firma de consentiment i compliment de documentació personal
4. Realització de la prova
5. Compliment del qüestionari post-test
6. Preguntes i resolució de dubtes
7. Agraïments i comiat.

La gravació es van utilitzar les últimes tecnologies en retransmissió DLNA per saber el que estava realitzant l'usuari en temps real, mitjançant l'ús de ChromeCast. Aquest aparell permet connectar i duplicar la pantalla del mòbil a una pantalla de televisió.

La prova no durava mes de 20 minuts, i 30 tenint en compte l'ompliment de dades, presentació i resta de seccions.

Els test es basava en 5 petites proves diferenciades, cadascuna amb tasques que realitzar.

## 17.1.-Interacció simple

Constava de dues proves amb la realització de 8 tasques simples. Abans de procedir a realitzar les tasques, vaig deixar als usuaris realitzar un primer contacte amb l'aplicació. Es tractava d'interactuar amb el sistema sense tindre una idea del que es podia realitzar inicialment.

En un principi, els usuaris anaven molt perduts deguts a la falta d'informació. No coneixien les seves limitacions, la interacció era lenta, realitzada amb por i en molts casos incorrecta. En preguntar quina havia sigut la seva primera impressió, tots coincideixen en què era desconcertant.

En començar a realitzar les primeres tasques, els usuaris anaven avançant en la interacció i mostraven més interès i menys por en interactuar, començant a realitzar accions que no els havia demanat, a causa de la seva curiositat.

Exceptuant dos usuaris que es van deixar dues tasques per realitzar, la resta d'usuaris va completar la prova en el temps programat.

## 17.2. Interacció Avançada

La segona part, es tractava de posar a prova a nivells més avançats dels usuaris, on es plantejava tasques més descriptives. Per poder completar aquesta part, primer deixava als usuaris llegir la **Guia d'usuari** creada en la memòria, per què tinguessin nocions avançades d'interacció amb el pinzell. Tots els usuaris en llegir la guia, van comprendre el funcionament i que realitzaven malament en anteriors interaccions.

En posar-se a realitzar les tasques, es va notar immediatament que la interacció era més ràpida, ja que els usuaris es sentien més segurs a l'hora de realitzar les seves accions.

### **17.3. Geolocalització**

El mode geolocalització també ha sigut posat a prova. En aquest test es posava l'usuari per a la selecció d'un llistat de diferents boxes propers en un mapa. L'usuari seleccionava un box i tenia que arribar fins a la ubicació real, seguint les instruccions de la interfície havia d'arribar fins al punt.

Els usuaris que han realitzat aquesta prova, tots han arribat a la ubicació sense cap problema i no s'ha trobat cap error d'usabilitat com d'accessibilitat.

### **17.4. Interfície**

El primer contacte amb la interacció de la interfície va ser positiva. Una vegada els usuaris comprenien les accions dels botons del pinzell físic, es movien amb molta facilitat per la interfície.

S'han trobat alguns problemes en la selecció de color per a les línies, ja que no existeix un indicatiu de quan s'està seleccionant un color o un altre, encara que cada opció té un requadre que parpelleja que no esta seleccionada i es manté constant que es té seleccionat.

En utilitzar com a màxim tres nivells de profunditat en el sistema de menús, la interacció es directa i els usuaris els ha facilitat l'accessibilitat com la usabilitat.

## 17.5. Conclusió Test usabilitat

El primer contacte amb usuaris ha sigut molt bo, i m'ha ajudat a trobar errors d'usabilitat en el sistema, com ara la necessitat d'afegir un tutorial inicial per la primera execució de l'aplicació. En general els usuaris al principi han tingut problemes en la interacció, es trobaven una mica perduts i amb dificultat a l'hora de realitzar tasques. La nota positiva és que l'adaptació és molt ràpida, i al voltant d'uns 5-10 minuts d'ús, els usuaris ja pràcticament dominaven el pinzell físic i els menús del **PaintXYZ**.

També hi ha hagut una millora en la interacció en el moment en què els usuaris llegien la guia d'usuari, i alguns han comentat que la guia ha sigut molt útil.

L'experiència en general als usuaris els ha resultat molt interessant.

## 18. Versions de l'aplicació

### 18.1. Alpha 1.0

Versió	v. A1.0	Data	26/10/2015
Estat aplicació mòbil			
La versió Alpha 1.0 consta dels següents mòduls:			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mòdul bluetooth (100%).</li><li>• Mòdul entorn virtual (30%).</li><li>• Mòdul d'interpretació de coordenades mòbil (90%).</li></ul>			
Estat digital pinzell			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mòdul d'interpretació de dades (60%).</li><li>• Mòdul de comunicació bluetooth (100%)</li></ul>			
Estat físic pinzell			
La construcció del pinzell físic esta en fase de disseny, proves i construcció (20 %)			

### 18.2. Alpha 1.0.1 fins a 1.9.9

Versió	v. A1.0.1 -v. A1.9.9	Data	16/11/2015
Estat aplicació mòbil			
La versió Alpha 1.0.1 fins a Alpha 1.9.9 consta dels següents mòduls:			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mòdul bluetooth (100%).</li><li>• Mòdul entorn virtual (100%).</li><li>• Mòdul d'interpretació de coordenades mòbil (100%).</li><li>• Mòdul càmera virtual (100%).</li><li>• Mòdul mode RV/RA (100%).</li><li>• Mòdul cursor (100%).</li><li>• Aplicació d'optimitzacions i rendiment (50%).</li></ul>			

#### Estat digital pinzell

- Mòdul d'interpretació de dades acceleròmetre (100%).
- Mòdul d'interpretació de dades giroscopi (100%).
- Mòdul d'interpretació de dades magnetòmetre (100%).
- Mòdul de comunicació bluetooth (100%).
- Mòdul filtres (100%).
- Mòdul sistema de botons (100%).
- Mòdul enviament de dades bidireccional (100%).
- Aplicació d'optimitzacions i rendiment (90%).

#### Estat físic pinzell

- Connexions del sistema (100%).
- Dissenys del sistema (100%).
- Construcció de l'estructura del pinzell físic (30%).

### 18.3. Beta 2.0.0 fins a 2.2.1

Versió	v. B2.0.0 -v. B2.2.1	Data	30/11/2015
<b>Estat aplicació mòbil</b>			
La versió Beta 2.0.0 fins a Beta 2.2.1 consta dels següents mòduls:			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mòdul bluetooth (100%).</li><li>• Mòdul entorn virtual (100%).</li><li>• Mòdul d'interpretació de coordenades mòbil (100%).</li><li>• Mòdul càmera virtual (100%)</li><li>• Mòdul mode RV/RA (100%).</li><li>• Mòdul cursor (100%).</li><li>• <b>Mòdul interacció interfície (80 %).</b></li><li>• <b>Mòdul portada (100%).</b></li><li>• <b>Mòduls dels modes interfície interacció RV/RA/cursor (70%).</b></li><li>• <b>Aplicació d'optimitzacions i rendiment (80%).</b></li></ul>			



#### Estat digital pinzell

- Mòdul d'interpretació de dades acceleròmetre (100%).
- Mòdul d'interpretació de dades giroscopi (100%).
- Mòdul d'interpretació de dades magnetòmetre (100%).
- Mòdul de comunicació bluetooth (100%).
- Mòdul filtres (100%).
- Mòdul sistema de botons (100%).
- Mòdul enviament de dades bidireccional (100%).
- Aplicació d'optimitzacions i rendiment (90%).

#### Estat físic pinzell

- Connexions del sistema (100%).
- Dissenys del sistema (100%).
- Construcció de l'estructura del pinzell físic (30%).

### 18.4. Final 3.0.0

Versió	v. Final 3.0.0	Data	11/1/2016
<b>Estat aplicació mòbil</b>			
La versió Final 3.0.0			
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mòdul bluetooth (100%).</li><li>• Mòdul entorn virtual (100%).</li><li>• Mòdul d'interpretació de coordenades mòbil (100%).</li><li>• Mòdul càmera virtual (100%).</li><li>• Mòdul mode RV/RA (100%).</li><li>• Mòdul cursor (100%).</li><li>• Mòdul interacció interfície (100 %).</li><li>• Mòdul portada (100%).</li><li>• Mòduls dels modes interfície interacció RV/RA/cursor (100%).</li></ul>			

- Aplicació d'optimitzacions i rendiment (100%).
- Mòdul Mode Pinzell (100%).
- Mòdul Mode Objecte (100%).
- Mòdul Mode Walk (100%).
- Mòdul Menú Avançat (100%).
- Mòdul Geolocalització (90%).
- Segon nivell optimitzacions (100%).
- Tercer nivell de correccions d'errors (100%).

#### Estat digital pinzell

- Mòdul d'interpretació de dades acceleròmetre (100%).
- Mòdul d'interpretació de dades giroscopi (100%).
- Mòdul d'interpretació de dades magnetòmetre (100%).
- Mòdul de comunicació bluetooth (100%).
- Mòdul filtres (100%).
- Mòdul de codi adaptatiu (100%).
- Mòdul sistema de botons (100%).
- Mòdul enviament de dades bidireccional (100%).
- Aplicació d'optimitzacions i rendiment (100%).

#### Estat físic pinzell

- Connexions del sistema (100%).
- Dissenys del sistema (100%).
- Construcció de l'estructura del pinzell físic (30%).

## 19. Requisits de instal·lació

### 19.1. Aplicació mòbil

Per la instal·lació de l'aplicació mòbil és necessari complir els següents requisits:

- Disposar d'un terminal amb sistema operatiu Android.
- El sistema Android a de ser en la seva versió 4.4.1 o superior.
- Tindre almenys 1 GB de RAM i un processador de 2 nuclis.
- Una pantalla de 4,7 polzades o superior, fins a 6 polzades.
- Disposar d'un sistema Cardboard, recomanat que sigui còmode i tingui subjecció adaptable.
- Tindre bluetooth 4.0 i sistema GPS, wifi i connexió de dades 3G per un posicionament més precís.

En el cas que es vulgui compilar l'aplicació, es necessari tindre Processing en la versió 3.0.1 o superior i el mòdul Android Mode, a més de tindre les llibreries citades en l'apartat de *API/Llibreries*.

### 19.2. Pinzell Arduino

Per l'ús del pinzell físic, és necessari tindre un sistema de recàrrega per a la bateria, compatible amb el carregadors per mòbil.

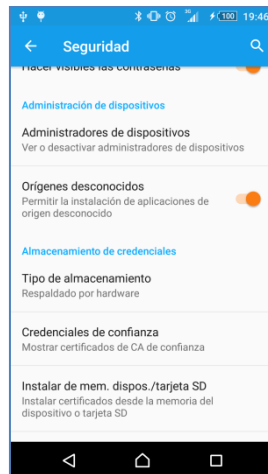
## 20. Instruccions instal·lació

Per la instal·lació de l'aplicació mòbil, podem realitzar diversos procediments:

1. Instal·lar des de Google Play.
2. Instal·lació manual.
3. Instal·lació a partir d'una compilació del projecte.

**Des de Google Play**, buscant l'aplicació PaintXYZ en el buscador apareixerà l'aplicació, i mitjançant el botó instal·lar, obtindrem apk pel nostre mòbil.

La **instal·lació manual** requereix d'alguns canvis de la configuració. El primer necessitem canviar la configuració del mòbil per què accepti la instal·lació d'aplicacions desconegudes. Aquesta opció la podem trobar en l'apartat **configuració->seguretat->Orígens desconeguts**.



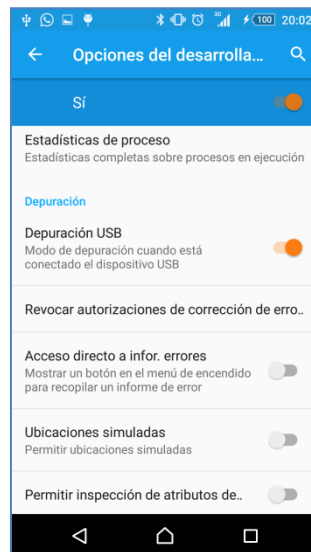
Il·lustració 43: menú ajustes->Seguretat Android 5.1.1

Una vegada realitzat aquest canvi, copiem l'arxiu *apk* en la memòria del telèfon i mitjançant algun programa explorador d'arxius com "**File commander**" realitzem la instal·lació del arxiu.

**Mitjançant la instal·lació per compilació**, necessitem complir els requisits de l'apartat anterior per a Processing i realitzar uns canvis en la configuració del nostre dispositiu.

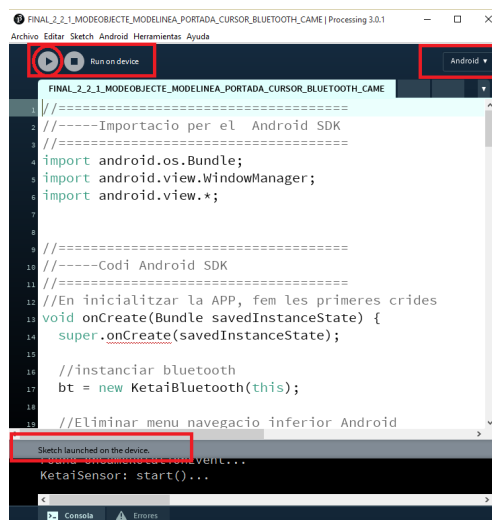
Primer activar les opcions de desenvolupador. Per fer-ho ens dirigim a **configuració->sobre el telèfon**, i en l'apartat "número de compilació" polsem 4 cops seguits per activar el mode administrador.

Realitzant això, ens dirigim a la secció **configuració->opcions de desenvolupador** i en l'apartat de depuració, activem l'opció **"depuració USB"**.



Il·lustració 44: menú Ajustos->Opcions de desenvolupador Android 5.1.1

Una vegada instal·lat Processing i realitzats els canvis en la configuració del mòbil, necessitarem arrancar Processing i passar al mode Android. Mitjançant el botó compilar realitzarem la nostra instal·lació en el nostre dispositiu.



Il·lustració 45: Interfície Processing 3.0.1

## 21. Optimitzacions

### 21.1. Primer nivell d'optimitzacions de codi [ANDROID/ARDUINO]

Un dels majors problemes d'optimització de codi, es trobava en el càlcul de posició de la càmera virtual. Els càlculs depenien del *framerate* de l'aplicació. Si el *framerate* era estable, el posicionament de la càmera virtual era correcta. El problema era quan l'aplicació començava a baixar el rendiment, fent que la càmera perdés precisió i per tant fallant en el realisme.

Després d'investigar i recordar alguns programes que havia fet antigament, vaig pensar de realitzar aquest control de forma independent del *draw()*. Per fer-ho vaig crear dos *Threads()* en el *setup()* amb un bucle infinit i un *delay()*. Utilitzant aquest sistema, no solament vaig solucionar el problema anterior, sinó que vaig millorar notablement el posicionament de la càmera virtual.

```
void setup() {
  background(0,0);
  //Carrega i calculs posició sensor Camera vir-
  thread("CalculGrausPosicio_y");
  thread("CalculGrausPosicio_x");
  thread("CalculGrausPosicio_z");
  thread("cursorPitch");
  thread("cursorYaw");
}

float millisReac;
void draw() {
  clear();
}

void CalculGrausPosicio_z () {
  for(;;){
    //Gamerotation en Z y otros
    //Heading (or yaw) atan2( -ym,
    //Gamerotation en Z y otros
    //Gamerotation en Z y otros
    float temporal_graus=temporal_angulo_acc_y*270;
    pos_camera_y=cos(radians(temporal_graus))*100;
    vector_result=sin(radians(temporal_graus))*100;
  }
  delay(16);
}
```

Il·lustració 46: Optimitzacions mitjançant Threads.

Altres canvis d'optimització realitzats en el codi, es basaven a evitar l'ús de *if()* en substitució de *switch()* per activació de parts del codi. Si pensem en la forma d'execució seqüencial, el programa executa cada línia en forma de bucle, això vol dir que si tenim 100 *if()* el bucle realitzarà les 100 comprovacions cada cop. Els ordinadors de sobretaula d'avui en dia, o fins i tot els mòbils no tenen gaires problemes de tractar

amb estructures similars, però quan el codi és massa gran i necessitem un *framerate* estable, reduir cada dècima de càlcul de processament és obligatori.

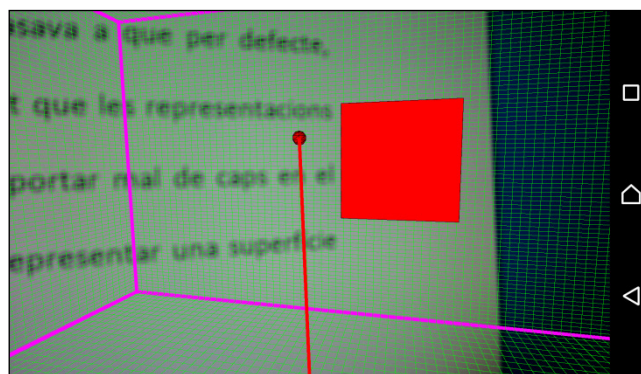
Els primers canvis per aquest tipus d'estructura, els trobem en *draw()* del sistema, on he canviat l'estructura de control de modes i activacions per parts. Altres controls els he realitzat en processos d'activació seqüencials, com ara comprovar la connexió bluetooth i establir connexió en el cas que estigués disponible.

Tots aquests canvis m'han permès d'obtenir un *framerate* de 55 fps de mitja, quan anteriorment en els millors dels casos obtenia 43 fps amb baixades de fins a 15 fps.

## 21.2. Segon nivell d'optimitzacions de codi [ANDROID/ARDUINO]

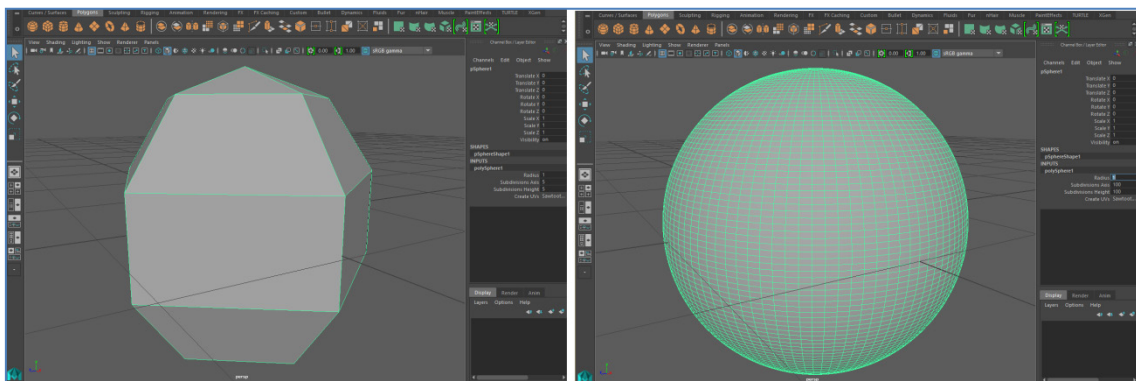
Cada cert temps, quan el codi creixia considerablement, feia un control de rendiment i anàlisi del codi. Si veia noves formes de millorar el rendiment global o millorar el funcionament del codi, realitzava una parada en la construcció de l'aplicació i procedia a fer canvis per veure si obtenia millors resultats.

Un dels canvis importants va ser realitzat sobre el cursor virtual. El cursor estava representat amb una esfera i una línia que anava des del centre de la posició de la càmera virtual fins a la posició de l'esfera.



Il·lustració 47: Entorn virtual del sistema

Fins aquí tot correcte, però per una casualitat en la modificació del codi, vaig trobar que en amagar la representació de l'esfera el rendiment de l'aplicació creixia. El motiu d'aquest comportament es basava a què per defecte, **Processing** representa una esfera en alt detall, i es conegut que les representacions rodones, corbes o esfèriques en entorns virtuals poden portar mal de caps en el rendiment, ja que es necessita molts polígons per a representar una superfície totalment corba o esfèrica en aquest cas.



Il·lustració 48: Representació esfera segons la quantitat de costats (esquerra: 5 costats /dreta: 100 costats).

La solució va ser indicar en el `setup()` la qualitat de representació de les esferes mitjançant la crida de la funció `sphereDetail()`, reduint la quantitat de polígons.

Una altra millora del codi, va constar de passar les funcions `splitmessage()` localitzades en el `onBluetoothDataEvent()`, moure-les al `setup()` aplicant un bucle `for(;;)` dins d'aquestes funcions i un `delay()`. D'aquesta forma deixo la funció `onBluetoothDataEvent()` lliure per a la crida i obtenció de les dades del bluetooth i eliminant la crida constant als `threads()` anteriors.



```

thread("cursorPitch");
thread("cursorYaw");
thread("splitMessage");
thread("splitMessage2");
sphereDetail(5);

void onBluetoothDataEvent(String who, byte[] data) {
  //received
  info = new String(data);
  //delay(50);
}

void splitMessage(){
  for(;;){
    temp_info=info;
    if(temp_info.indexOf(":PG:")!=-1 &&temp_info.indexOf(":
    if(temp_info.indexOf(":PG:")>4<temp_info.indexOf(":R
    sensor_array[2]=temp_info.substring(temp_info.inde
  }
}

```

Il·lustració 49: Optimitzacions de codi per a Threads i funcions split

Quan als modes, tenia certs problemes de rendiment. Quan el sistema havia de representar i dibuixar molta quantitat de línies/punts per a cada frame, el sistema baixava fins a 14 fps per segon, cosa que es feia difícil d'interactuar. Per solucionar això, vaig canviar el sistema de representació després de realitzar algunes proves. En la primera versió de representació, feia servir la funció *línia()* de Processing. Aquesta funció reclamava dues posicions de coordenades, fent que el sistema hagués de llegir dos punts per lectura, alentint la visualització quan és sobrepassava de certa quantitat de punts totals a visualitzar. En substitució d'aquest sistema, vaig utilitzar les funcions *vertex()* que acompanyat de la funció *beginShape()/endShape()*, només era necessària d'una lectura per cada volta, millorant notablement la visualització a més dotant de noves opcions i efectes per les representacions. Aquests canvis mantenien els fps del sistema constants i amb una alta càrrega d'objectes per pantalla es mantenia entre 40 i 50 fps.

```

for(int x=0;x<temporal.points_object.size()-1;x++){
  float [] temporal_array_1=temporal.points_object.get(x);
  float [] temporal_array_2=temporal.points_object.get(x+1);
  line(temporal_array_1[0],temporal_array_1[1],temporal_array_1[2],temporal_array_2[0],temporal_array_2[1],temporal_array_2[2]);
}

for(int x=0;x<temporal.points_object.size();x++){
  float [] temporal_array_1=temporal.points_object.get(x);
  strokeWeight(temporal.weight/temporal_array_1[3]);
  vertex(temporal_array_1[0],temporal_array_1[1],temporal_array_1[2]);
}

```

Il·lustració 50: Canvi de representació de línies amb line() a vertex()

Un altre canvi realitzat, era en referent en la sincronització entre el `draw()` i les funcions `thread()` que estaven funcionant en segon pla del sistema i realitzaven tasques de càlcul de posicionament de cursor, càmera virtual i altres. Aquestes funcions tenien controls per no mostrar talls per pantalla, però encara es mostraven imperfeccions visuals en les representacions en casos molt concrets. Peliminar aquests errors, vaig optar per aplicar un sistema de control de booleanes de tal forma que quan els `threads()` estaven reescriuint dades, `draw()` no llegís les variables originals sinó un magatzem de dades temporals, d'aquesta forma evitem agafar una variable que està sent reescrita.

```
pushMatrix();
rotateZ(radians(angulo_acc_z));
if(sincro_control==true){
  this.virtual_camera.mostraCameraVirtual(0,0,0,int(pos_camera_x),int(pos_camera_y),int(pos_camera_z),0,1,0);
}else{
  this.virtual_camera.mostraCameraVirtual(0,0,0,int(temporal_cords[0]),int(temporal_cords[1]),int(temporal_cords[2]),0,1,0);
}
rotateZ(radians(angulo_acc_z*-1));
```

```
sincro_control=false;
//Primer quadrant 0-90 graus
if(actual_graus_x>=0 && actual_graus_x<=90){
  pos_camera_x=round(sin(radians(actual_graus_x))*vector_result);
  pos_camera_z=cos(radians(actual_graus_x))*vector_result;
  pos_camera_z=round(pos_camera_z*(-1));
}
sincro_control=true;
temporal_cords[0]=pos_camera_x;
temporal_cords[2]=pos_camera_z;
```

Il·lustració 51: Control de sincronització de dades

Tots aquests canvis em van permetre millorar el rendiment passant de 55 fps de mitja a 73 fps.

En referent al **pinzell físic creat amb Arduino**, vaig realitzar uns ajustos en la precisió del sistema, utilitzant un filtre *Kalman* i filtres passa *alt/baix* per al gir horitzontal o **yaw**.

```
pitch = pitch + norm.YAxis * 0.009;
roll = roll + norm.XAxis * 0.009;
if((norm.ZAxis * 0.009)>0.04 || (norm.ZAxis * 0.009)<=0){
    yaw = yaw + norm.ZAxis * 0.009;
}

//-----
Vector norm_acce= accelerometer.readNormalize();

Vector filtered = accelerometer.lowPassFilter(norm_acce, 0.15);

//int fpitch = -(atan2(filtered.XAxis, sqrt(filtered.YAxis*filtered.YAxis + filtered.ZAxis*filtered.ZAxis)));
//int froll = (atan2(filtered.YAxis, filtered.ZAxis)*180.0)/M_PI;
int accPitch = -(atan2(norm_acce.XAxis, sqrt(norm_acce.YAxis*norm_acce.YAxis + norm_acce.ZAxis*norm_acce.ZAxis)));
int accRoll = (atan2(norm_acce.YAxis, norm_acce.ZAxis)*180.0)/M_PI;

kalPitch = kalmanY.update(accPitch, norm.YAxis);
kalRoll = kalmanX.update(accRoll, norm.XAxis);

//-----
buttonsControlSystem();
```

*Il·lustració 52: Millora de precisió dels angles Euler mitjançant l'aplicació de Filtres Kalman.*

Realitzant aquests canvis i la disminució del `delay()` de 12 a 10 mil·lisegons, vaig millorar considerablement la precisió del sistema, eliminant tremolors i gran part del drift del giroscopi.

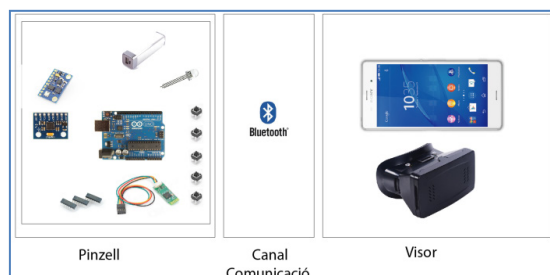
## 22. Bugs, errors i correccions

### 22.1. Primers problemes

En les primeres setmanes de la fase de disseny, vaig tindre problemes crítics que afectaven a l'abast i que em van obligar a canviar les tasques del projecte en la línia temporal, afegint i traient d'altres. Aquest van ser els principals problemes trobats:

- El dispositiu *MultiWii* comprat estava defectuós.
- El telèfon Smartphone no suportava la connexió de 2 bluetooth al mateix temps.
- Problemes de compatibilitat de llibreries en les versions de Processing 2 i Processing 3.
- El pinzell, estructuralment era molt voluminós, fent-lo poc usable a causa del seu pes.

Immediatament, vaig haver de prendre decisions ràpides en referent als components del sistema. Primer vaig investigar substituïts per Crius MultiWii, ja que el component tardava al voltant de 2 setmanes en arribar, temps que no em podia permetre. Pensar en noves formes de connexió i sistema, solucionant el segon i quart punt, amb el resultat del disseny final:



Il·lustració 53: Concepte de disseny final

## 22.2. Problemes bluetooth [ARDUINO]

Una vegada muntats els mòduls d'*Arduino* per a la lectura de sensors i enviament de dades per Bluetooth, vaig procedir a provar el sistema amb l'app del mòbil.

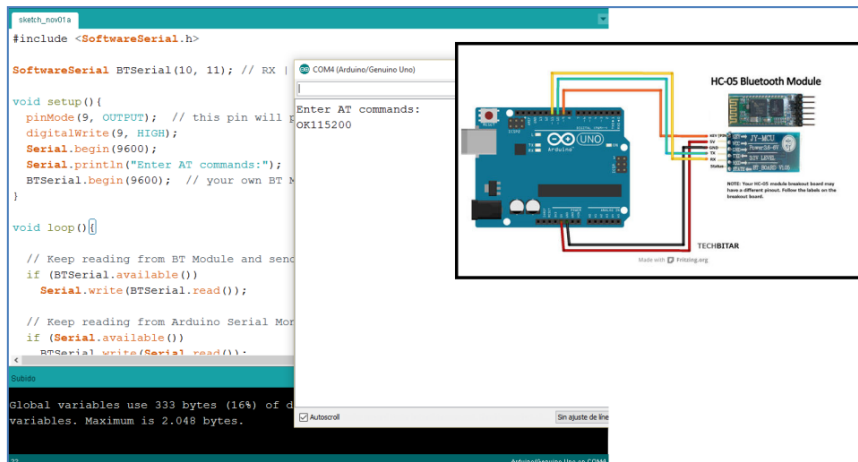
Al connectar, vaig observar que el mòbil no rebia cap informació. El principal problema es trobava en un control de Strings (control d'allargament de caràcters) que esborrava la cadena i que vaig modificar, però el problema persistia. Provant amb antigues versions de mòduls, vaig trobar el problema. Es trobava en la velocitat d'enviament de dades.

Per aquest mòdul d'enviament de dades, necessitava una velocitat d'enviament pel port sèrie a 115.200 bps, que són 115.200 bauds<sup>47</sup>. Aquesta quantitat d'enviament de dades era indispensable pel cursor de l'aplicació, ja que necessita la màxima precisió possible dins de l'entorn virtual amb un mínim de latència per a la comunicació aplicació/pinzell.

Al enviar a aquesta velocitat, el bluetooth es saturava i no enviava res, així que tenia un nou problema i no sabia l'origen. Investigant vaig trobar que el bluetooth HC-06 treballa per defecte a 9600bps, per tant calia modificar aquesta opció del bluetooth, utilitzant un nou mòdul per accedir en mode *admin* al bluetooth i canviar els bauds a 115200, tal com es pot veure en la imatge.

---

<sup>47</sup> **bauds**: unitat de mesura utilitzada en telecomunicacions i que representa el numero de símbols per segons enviats per una connexió digital.



Il·lustració 54: Canvi de configuració del firmware bluetooth

Per la consola de comandes (port sèrie) d'Arduino, mitjançant comandes *AT115200*, vaig modificar la velocitat, aconseguint que el bluetooth no es bloquegés.

### 22.3. Memory leak

La interfície del sistema, funciona a partir de la càrrega de múltiples imatges a una determinada resolució. Aquestes imatges es carreguen en memòria del hardware que utilitzem, per tant estem limitats en la quantitat de memòria física. Però tenim altres limitacions imposades per OpenGL i Android, que limiten l'ús de forma estandarditzada.

Existeixen formes de modificar aquestes limitacions a partir de configurar el xml, però quan traiem aquestes limitacions, hem de tindre en compte la memòria de la que disposem, si no ens salta un error de **memory leak**, que és exactament el problema que jo vaig tindre.

Per solucionar aquest problema, vaig haver de eliminar i reiniciar les imatges dins de la memòria, a partir de cada càrrega de mode. D'aquesta forma evito aquests errors i optimitzo al mateix temps el sistema.

```
void mainDisplayGeo(PApplet pa){
//Eliminem les imatges de la interfícies anteriors i carreguem las del modeGeo
//Aixo es fa per evitar els errors de falta de memoria (memoryLeak)
if(this.memory_leak_correction==true){
//Netejar la memoria per evitar errors de memoryLeak
for(int i=0;i<17;i++){
if(i==13 || i==14){
}else{
interfaceAvanObject.interface_avan_images[i]=null;
}
}
interfaceGeoObject.loadImagesInterfaceGeo();
this.memory_leak_correction=false;
}
```

## 22.4. Problemes animacions portada

En referent a l'animació, vaig tindre alguns problemes amb les transparències. En el moviment de rotació de les lletres XYZ del títol, apareixien amb un fons negre.



Il·lustració 55: Imatge on es poden veure els problemes visuals de la portada

Aquest problema era degut a la forma com el sistema administrava el *z-buffer*<sup>48</sup>, per a objectes bidimensionals. Existeixen moltes solucions en **Processing** per treballar amb objectes 3D i objectes 2D en la mateixa escena:

1. Utilitzar la classe *PGraphics* de Processing.
2. Crear una classe amb herència *PApplet* i implementació interfície.
3. Activar o desactivar el *z-buffer*.

La **primera opció** es basava a crear un nou entorn de visualització a partir d'un objecte, que finalment seria representat com una imatge.

```
PGraphics pg;

void setup() {
  size(100, 100);
  pg = createGraphics(40, 40);
}

void draw() {
  pg.beginDraw();
  pg.background(100);
  pg.stroke(255);
  pg.line(20, 20, mouseX, mouseY);
  pg.endDraw();
  image(pg, 9, 30);
  image(pg, 51, 30);
}
```

<sup>48</sup> **Z-buffer**: es part de la memòria d'un adaptador de vídeo, encàrregada de gestionar les coordenades de profunditat de l'entorn virtual. Wikipedia. [ES] <https://es.wikipedia.org/wiki/Z-Buffer>

Aquest sistema era molt bo, però no s'adaptava al codi que tenia pensat per realitzar l'animació.

La **segona opció** es basava a crear un entorn paral·lel de l'estructura principal, per tal de tindre dues funcions *draws()*, els quals s'invocaran l'un a l'altre. El sistema era una mica complex, allargant molt el codi, així que vaig optar per la **tercera opció** desactivant i activant el **z-buffer** amb la comanda següent:

```
hint(DISABLE_DEPTH_TEST); – hint(ENABLE_DEPTH_TEST);
```

Col·locant aquestes línies de codi, puc representar les transparències dels objectes 3D a més de realitzar efectes de rotacions en els tres eixos, el problema d'aquest sistema és que necessita certs recursos per la seva execució, per això havia d'estudiar la localització d'aquestes comandes i no abusar de la seva crida.

Una vegada resolt, l'animació de la portada estava finalitzada. Podem trobar un *background* tridimensional que representa el concepte **box**<sup>49</sup> i l'espai de coordenades. Enfront tenim el nom del programa amb animacions de rotació per les lletres XYZ, situat al terç superior de la finestra. La caixa de text on informa dels estats automàtics és situa al centre i finalment del menú situat al terç inferior, on té aplicades animacions de transició en la seva càrrega i en el canvi d'opcions.

En el conjunt, vaig intentar de dotar d'una bona animació per la portada, ja que és l'entrada al programa, al mateix temps intentar no saturar massa de continguts visuals.

---

<sup>49</sup> Nom atorgat a l'espai que contindrà les nostres creacions i que tindrà com identificador les coordenades obtingudes per la geolocalització.



## 23. Projeccions de futur

El sistema **PaintXYZ** és altament actualitzable, amb la possibilitat d'afegir o millorar el sistema. Per ara s'ha tingut el compte les següents millores:

### Creació app per a sistemes Apple IOS

Actualment l'aplicació està pensada per a ser executada en Smartphones amb sistemes operatius Android. Tenint en compte la quantitat de vendes globals dels dispositius IOS, és interessant realitzar una aplicació compatible per aquest sistema operatiu.

### Nous modes per a generació de contingut

**PaintXYZ** és un sistema tan obert, que es poden generar diferents modes per a generació de continguts per al nostre box. Els primers modes pensats per a futures actualitzacions són els següents: Modes per afegir so, Modes per afegir animacions, Modes per fer esdeveniments interactius.

### Sistema de plugins

Una de les idees principals era que les empreses facin ús de l'aplicació per generar publicitat, per exemple que una empresa de mobles creï un plugin per què ens podem descarregar el catàleg de l'empresa i omplir una habitació buida amb els mobles, o una altra empresa generi publicitat virtual o esdeveniments per obtenir descomptes.

### Sistema online

Actualment l'aplicació funciona de forma local, però es pot realitzar canvis perquè es puguin pujar les creacions a Internet i altres usuaris puguin visualitzar els boxes d'altres persones.

### **La possibilitat de crear programes dins de l'aplicació**

Mitjançant l'ús d'una programació senzilla, realitzar per exemple petits jocs dins del box creat, com ara laberints, puzles, etc.

### **Possibilitat de compartir l'espai de creació**

Per ara l'aplicació funciona per a un usuari, però la intenció inicial és que més d'una persona podria entrar a l'entorn virtual i participar en la creació del box.

### **Implementació d'algoritmes per a detecció d'entorns**

Actualment, els dispositius mòbils de gama alta, tenen molta potència per l'execució de programes, però no el suficient per a la implementació d'algoritmes de visió de computadora. Aquests algoritmes permeten detectar vianants, senyals i fins i tot realitzar un mapejat 3D del nostre entorn. En el futur, quan els dispositius mòbils implementin *GPU's* més potents és podran realitzar programes més complexis.

### **Possibilitat de realitzar streamings**

Una de les modes actuals i que té molta popularitat, és la realització de streamings de vídeo. Es pot implementar aquesta opció, tenint en compte que l'amplada de banda que ofereix les connexions 3G/4G és més que suficient per realitzar aquestes retransmissions online.

### **Tracking objectes/cares amb animacions**

Ajuntar la detecció de cares amb la animació d'objectes, per exemple quan es mogui una persona, que l'objecte el segueixi.

### **Més opcions**

Afegir més opcions als modes, com la construcció d'altres tipus de primitives, com una piràmide, o superfícies planes de més costats, textures animades.

## 24. Pressupost projecte: Cost d'investigació i desenvolupament



PaintXYZ project  
**Ivan Martí Nieto**  
Carrer Misericòrdia 23  
43200, Reus (Tarragona)  
**Mòbil:** 639 24 57 81  
**DNI:** 34.929.383-W

Nº PRESSUPOST: 0000001

DATA: 26/10/2015

	Temps (hores)	Quantitat	Preu unitat	Total
<b>A. Costos de Disseny</b>	<b>224</b>			<b>1.348 €</b>
<b>B. Costos d'implementació</b>	<b>613</b>			<b>4.350 €</b>
<b>C. Components</b>		<b>7</b>	<b>79,42 €</b>	<b>555,9 €</b>
<b>D. Altres costos</b>				<b>1.255 €</b>
		<b>Total</b>		<b>7.508,9 €</b>

## 24.1. Pressupost detallat

	Descripció breu	Temps (hores)	Quantitat	Preu unitat	Total %	Total
<b>A. Costos de Disseny</b>		<b>224</b>			<b>17,95</b>	<b>1.348 €</b>
<i>Estudi i desenvolupament del disseny</i>	Dissenyar el concepte en base a la seva usabilitat.	38			3,03	228 €
<i>Desenvolupament i control de projecte</i>	Control del correcte desenvolupament del projecte.	50			4	300 €
<i>Costos d'investigació</i>		136			10,87	816 €
<b>B. Costos d'implementació</b>		<b>613</b>			<b>57,93</b>	<b>4.350 €</b>
<i>Construcció del prototip</i>	Muntatge del prototip PaintXYZ.	58			4,63	348 €
<i>Programació Arduino</i>	Creació dels programes per Arduino.	112			8,95	672 €
<i>Programació Processing</i>	Creació de programes per APP mòbil.	443			44,35	3.330 €
<b>C. Components</b>			<b>7</b>	<b>79,42 €</b>	<b>7,4</b>	<b>555,9 €</b>
<i>Mòbil Xperia Z3</i>			1	450 €	6	450 €
<i>Arduino UNO</i>			1	9,90 €	0,13	9,90 €
<i>IMU GY-80</i>	Sensor 9 DOF (acceleròmetre, magnetòmetre, giroscopi).		1	20 €	0,27	20 €
<i>IMU MPU 6050</i>	Sensor 6 DOF (acceleròmetre, giroscopi).		2	12 €	0,013	24 €
<i>Mòdul Bluetooth HC-07</i>			1	9 €	0,12	9 €
<i>Cardboard AR</i>	Adaptador per convertir mòbil en visor RA.		1	20 €	0,26	20 €
<i>Altres components</i>	Cables, resistències, llums LED RGB, etc.		1	23 €	0,31	23 €
<b>D. Altres costos</b>					<b>16,31</b>	<b>1.255 €</b>
<i>Desplaçaments</i>	Costos de desplaçament de transport urbà.		1		2	150 €
<i>Comunicació</i>	Costos de comunicació (mòbil, teleconferències, etc).	2,3			0,33	25 €
<i>Hores extres</i>		120			14,38	1.080 €
					<b>Total</b>	<b>7.508,9 €</b>

## 25. Anàlisi de mercat/Benchmarking

### 25.1. Colouring in Disney's augmented reality

Link: <http://www.bbc.com/news/technology-34452814>

#### Descripció

Pintant en realitat augmentada, és una aplicació que permet pintar un objecte en l'entorn virtual pintant sobre un full de paper. L'aplicació utilitza un sistema semblant a la lectura d'imatges QR, en les que reconeix el dibuix i genera l'objecte 3D en l'entorn de realitat augmentada. Al pintar sobre els espais en blanc, el sistema reconeix el color mitjançant *visió de computadora*<sup>50</sup> i genera la textura en l'objecte sobre el shape<sup>51</sup> que correspon.

#### Idea/Concepte

La idea és molt original i molt útil si ens permet extreure l'objecte amb la textura. Això facilitaria la tasca de texturitzar en el procés de producció d'un joc o animació 3D, eliminant l'artificialitat del procés.

#### Comparació

El sistema està limitat a una funció, i per interactuar amb l'objecte, o fas des de el full. Utilitzant aquest mètode limita la interacció de l'usuari i funcionalitats, per tant està pensat per funcionar en un entorn de producció concret.

---

<sup>50</sup> **Wikipedia.** Computer vision sigles "CV" (visió de computadora). anàlisis i processament d'imatges. [EN] [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_vision](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision)

<sup>51</sup> **Shape:** Superfície/cara poligonal del objecte tridimensional en un entorn virtual. [EN] <https://en.wikipedia.org/wiki/Shape>

## 25.2. Tilt Brush

Link: <http://www.xataka.com/otros/el-animador-de-disney-glen-keane-nos-dibuja-a-la-sirenita-en-realidad-virtual>

### Descripció

Tilt brush és una eina de realitat virtual, per pintar en els tres eixos de coordenades. El sistema utilitza el perifèric HTC Vive per a visualitzar i interaccionar en l'entorn virtual. La interacció sembla molt intuïtiva i respon 1:1 o pràcticament amb els mateixos moviments respecte a la realitat .

Amb l'aplicació podem realitzar dibuixos en alta qualitat en diferents efectes en qualsevol direcció i rotació, tal com si tinguéssim un pinzell a la mà.

### Idea/Concepte

La idea és molt original, i representa molt bé la idea de realitat virtual. Els resultats obtinguts són molt acurats i espectaculars, si saps fer servir l'eina. L'eina té un gran potencial i animadors coneguts com Glen Keane<sup>52</sup> ja han utilitzat l'eina.

### Comparació/Opinió

El sistema es centra únicament en la realitat virtual, perdent gran part del seu potencial. A més de què es tracta d'una eina de pintar, limitada a un ús exclusiu de pintar quan es podrien realitzar altres tasques com modelar o animar.

---

<sup>52</sup> **Wikipedia.** Glen Kaene: conegut com animador de Walt Disney Studios [ES] [https://es.wikipedia.org/wiki/Glen\\_Keane](https://es.wikipedia.org/wiki/Glen_Keane)

## 25.3. Magic Leap

Link: <http://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/un-robot-y-el-sistema-solar-son-los-protagonistas-del-nuevo-video-de-magic-leap>

### **Descripció**

Magic Leap és una combinació de visió per computadora i realitat augmentada, que ens promet la total integració d'objectes virtuals sobre entorns reals. Aquest és un dels problemes més greus de la realitat augmentada.

Per ara l'únic que sabem és el concepte i alguns vídeos que suposadament són reals (gravats en temps real i funcionament), però corre rumors de què els vídeos no són autèntics.

### **Idea/Concepte**

És el somni de la realitat augmentada, la total integració sobre entorns reals. Això obriria molt les portes a aquests sistemes, per davant de la realitat virtual.

### **Comparació/Opinió**

Per ara només se'l pot considerar com un concepte, res tangible, per tant és una mica de fer castells a l'aire.



## 26. Opinió personal: El futur tecnològic, la societat i PaintXYZ

Estem als inicis d'un canvi tecnològic global molt important, tan important que pot suposar l'alteració del comportament social que coneixem fins ara. Ja hem vist un canvi similar amb el sorgiment dels Smartphones, dotant la capacitat a Internet de ser portàtil dins de la nostra butxaca. Ara els avenços intenten portar els mons digitals a la realitat o fins i tot que els mons digitals interactuïn amb la realitat.

Però això és només el principi. El desenvolupament de noves **IA's** per a la comunicació **IPO**, els nous avenços en tecnologies basades en visió de computadora, el naixement dels cotxes autònoms i totes les noves tecnologies que l'acompanyen estan marcant l'actualitat mostrant-nos un petit tram del futur que ens espera.

Però perquè no han sortit dispositius capaços d'introduir-nos en mons virtuals amb interaccions 1:1? Actualment ens trobem amb alguns problemes tecnològics difícils de resoldre, a causa de les limitacions següents:

- La necessitat d'una alta potència de processament, insuficient en els Smartphones i altres dispositius portàtils.
- Problemes de posicionament absolut dels sistemes/sensors. Per ara és impossible obtenir un posicionament absolut en exteriors, a causa de la imprecisió dels sensors actuals.
- Problemes per ubicar l'objecte virtual en el món real, com ara posar l'objecte virtual darrere d'un objecte real o persona. Aquest problema prové del primer punt. Al no tindre la suficient potència portàtil, no es poden aplicar algorismes de tractament d'imatge i profunditat, fent que els objectes tridimensionals sempre estigui per sobre.

## 26.1. Altres tecnologies

Llavors el posicionament absolut és impossible? No, de fet actualment tenim posicionament absolut però exclusivament en interiors, en exteriors per ara és difícil i molt costos. Veiem alguns exemples de sistemes de posicionaments actuals.

## 26.2. Razer Hydra

*Razer Hydra* es un conjunt de perifèrics que són capaços de llegir el posicionament absolut de cada mà. Fan servir el que es diu com posicionament per camps magnètics, utilitzant un perifèric central que envia ones magnètiques i els controls com a receptors d'aquestes. Són capaces de detectar la posició en mil·límetres i els girs fins a 1 grau.



Il·lustració 56: Imatge extreta de Wikipedia : [https://en.wikipedia.org/wiki/Razer\\_Hydra](https://en.wikipedia.org/wiki/Razer_Hydra)

## 26.3. Kinect i Hololens

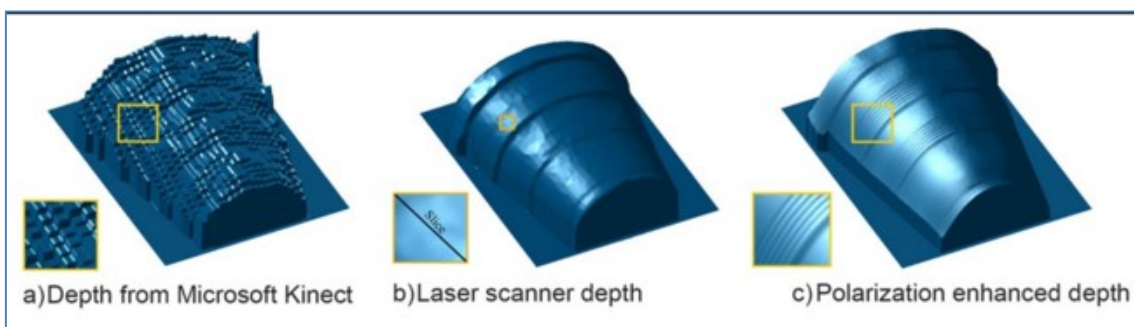
Hololens va ser anunciat com un sistema capaç de mostrar hologrames, però en veritat utilitza una pantalla per a mostrar l'entorn 3D per sobre del real. El sistema recrea un entorn 3D a partir del que interpreta del real, i posiciona els objectes sobre aquest entorn. La meua idea es basa d'una forma semblant a aquest sistema. El sistema està equipat amb diferents càmeres Kinect en el seu front en un angle de 120 graus. El sistema és molt precís i espectacular, però limitat en un petit angle de visió.

## 26.4. El futur de les noves tecnologies

Llavors que em fa ser tan optimista sobre la realitat augmentada i virtual i els canvis que poden fer sobre la societat? És cert que actualment existeixen alguns petits problemes en el posicionament absolut, i que he solucionat en el desenvolupament del meu projecte, utilitzant el concepte de box i geolocalització. Però tinc molt clar que aquests problemes es veuran solucionats en uns anys, ja que moltes empreses conegudes i l'acceptació social que estan rebent aquestes tecnologies es molt gran.

A més ja estem veient els primers passos d'aquestes solucions, en el desenvolupament dels cotxes autònoms, on fan servir tecnologies de visió de computadora per analitzar i interpretar l'entorn que els envolta, sent capaços de distingir una persona, una senyal de tràfic d'una casa.

Un altre avanç important actual i que s'ha de tenir en compte, és el desenvolupament de nous algoritmes per part del MIT, per millorar la precisió de l'escaneig 3D mitjançant càmeres, algoritmes que es poden utilitzar en els mateixos Smartphones.



Il·lustració 57: Imatge extreta de la notícia "Xataka: El MIT mejora 1.000 veces la calidad de escaneo 3D gracias a la polarización de la luz". Enllaç: <http://www.xataka.com/accesorios/en-el-mit-mejoran-1-000-veces-la-calidad-del-escaneo-3d-gracias-a-la-polarizacion-de-la-luz>

## 26.5. Que pot oferir PaintXYZ?

Llavors, que és el que pot oferir **PaintXYZ** per contribuir en aquest canvi social i els avenços tecnològics?

La meva idea era crear les eines necessàries per a desenvolupar una nova forma d'expressió virtual, intentant ajuntar la realitat amb els mons digitals, un projecte que em semblava molt interessant i que em podria donar el toc d'investigació que estava buscant, però si hagués de definir que és exactament la meva aplicació i que pot oferir, hauria de dir:

- Que és el naixement d'una nova forma de publicitat virtual. Realitzar un catàleg 3D, creació d'esdeveniments comercials o cartells publicitaris.
- Que és el naixement d'una nova forma d'expressió cultural. Crear un graffiti virtual, crear declaracions d'amor, crear escultures o pintures virtuals
- Que és una nova forma d'expressió personal, tal com ho són les xarxes socials. Crear un àlbum de fotos virtual, expressar les opinions o conversacions virtuals.

Actualment **PaintXYZ** permet crear un entorn virtual en una localització i interactuar amb aquest entorn per generar objectes tridimensionals superposats en un entorn real, fent ús d'un *Smartphone*, un *Cardboard*, un pinzell físic creat amb Arduino i sensors de detecció de posicionament. El sistema es comunica fent ús d'una connexió **Bluetooth**, permetent una precisió de fins a 100 punts per segon.

En la geolocalització del sistema mostra un llistat de "**box**" creats per usuaris en un mapa a més de la localització actual. Si seleccionem un box de la llista, el sistema ens indicarà com arribar amb diferents indicacions, una vegada arribada a la localització l'aplicació ens avisarà que ja podem obrir el "**box**" i procedir a la seva visualització.

## 27. Conclusió

*PaintXYZ* suposa un repte, una meta a la qual arribar i una forma d'autosuperació i autoaprenentatge.

La idea principal del projecte era veure fins a on podia arribar les noves tecnologies i de quina forma es podien aplicar. Vaig treballar molt en la concepció de la idea, de tal forma que no es quedés en un simple repte personal, sinó arribar a oferir una aplicació interactiva multimèdia que fos atractiva i interessant, adaptada a l'actualitat de les noves tecnologies.

En un principi tenia certa incertesa, ja que m'enfrenava a un projecte de total desconeixement. No sabia si podria realitzar totes les parts o fins i tot arribar a les bases proposades, ja que únicament tenia la concepció de la idea i la forma de com portar-la a terme.

Independentment del desenvolupament del projecte, el dividiria de la següent forma:

- Concepció i construcció del sistema interactiu.
- Construcció, interacció i comunicació de l'APP i pinzell físic.
- Optimitzacions i correccions d'errors.

La concepció i construcció del sistema interactiu, va ser la part més dura de realitzar. Vaig passar pràcticament dos mesos obtenint, estudiant i investigant la matèria necessària: Àlgebra, algorismes, física, filtres, interaccions, sensors, llibreries SDK i un llarg etc de matèries desconegudes.

En el transcurs del desenvolupament, vaig arribar a molts punts crítics que em van fer replantejar el projecte, degut a les llargues hores que necessitava per resoldre molts

problemes que eren constants en l'avanç, retardant algunes parts del sistema. Però gràcies a l'estudi de l'abast en l'inici de la concepció del projecte, vaig poder contrarestar tots aquests problemes i tirar endavant. Si m'haig de quedar amb algun moment en concret, puc esmentar els moments de superació a l'hora de corregir i solucionar els problemes trobats. La sensació i emoció després d'aconseguir solucionar els problemes trobats no la puc descriure amb paraules, ja que la gratificació i la sensació de superació personal eren increïbles.

En la finalització del desenvolupament de **PaintXYZ**, puc dir que ha sigut una experiència increïble i molt difícil, satisfet dels resultats i de l'aprenentatge obtingut. Ara entenc com funcionen els sistemes de posicionament, quins problemes s'estan tenint per obtenir un posicionament absolut, quins són els sensors de posicionament que tenen els mòbils actuals, com puc optimitzar i millorar l'experiència, com puc realitzar aplicacions Android amb Processing i un llarg etc.

**PaintXYZ** és una aplicació multimèdia d'interacció en temps real i geolocalització, en el que fa servir la realitat virtual i la realitat augmentada per a crear objectes tridimensionals a partir d'un pinzell físic dins d'uns "box" que l'usuari crea en una ubicació global.

## Annex 1: Lliurables del projecte

Aquest són els entregables per al treball final de grau multimèdia.

### Fitxers:

- **TFG\_autoavaluacio\_marti\_ivan.pdf:** Document autoavaluació del projecte.
- **TFG\_memoria\_marti\_ivan.pdf:** Memòria del projecte.
- **TFG\_gant\_marti\_ivan.mpp:** Diagrama de gant en format Microsoft Project.
- **TFG\_gant\_marti\_ivan.png:** Diagrama de gant en format imatge PNG.
- **TFG\_presentacio\_lliuere\_marti\_ivan.pdf:** Presentació del projecte en format pdf.
- **TFG\_presentacio\_lliuere\_marti\_ivan.pptx:** Presentació del projecte en format PowerPoint.
- **TFG\_presentacio\_video\_marti\_ivan.mp4:** Vídeo presentació del projecte.

### Carpetes:

- **PaintXYZ\_Pinzell\_Arduino:** Codi font del pinzell físic, creat amb Arduino.
- **PaintXYZ\_APP\_Processing:** Codi font de l'APP Android, creat amb Processing i Android SDK.
- **Disseny\_Maya:** Disseny 3D en format Maya 2016 del pinzell físic.
- **Base\_dades\_SQLite\_APP:** Base de dades SQLite per la APP Android.
- **TFG\_altres:** Carpeta que conté els dissenys en Illustrator, en format imatge i altres fitxers que demostren la creació pròpia de la majoria del contingut.

## Annex 2: Codi font (Extractes)

### Implementació codi pur Android en Processing [Processing]

```
//=====
//-----Codi Android SDK
//=====
//En inicialitzar la APP, fem les primeres crides
void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);

    //instanciar bluetooth
    bt = new KetaiBluetooth(this);

    //Eliminar menu navegacio inferior Android
    //IMPORTANT: manifest.xml modificat perquè l'aplicacio aparegui sempre en LANDSCAPE, en cas contrari
    //el programa llença un error.
    View decorView = getActivity().getWindow().getDecorView();
    decorView.setSystemUiVisibility(0);
    int uiOptions = View.SYSTEM_UI_FLAG_HIDE_NAVIGATION
        | View.SYSTEM_UI_FLAG_FULLSCREEN;
    decorView.setSystemUiVisibility(uiOptions);
}

//Crida per a obtenir els bits d'enviament de dades del bluetooth
void onActivityResult(int requestCode, int resultCode, Intent data) {
    bt.onActivityResult(requestCode, resultCode, data);
}
```

### Thread execució inicial, splitMessage() [Processing]

```
void splitMessage(){
    for(;;){
        temp_info=info;
        if(temp_info.indexOf(":PG:")!=-1 &&temp_info.indexOf(":RG:")!=-1){
            if(temp_info.indexOf(":PG:")+4<temp_info.indexOf(":RG:")){
                sensor_array[2]=temp_info.substring(temp_info.indexOf(":PG:")+4,temp_info.indexOf(":RG:"));
            }
        }
        if(temp_info.indexOf(":RG:")!=-1 &&temp_info.indexOf(":YG:")!=-1){
            if(temp_info.indexOf(":RG:")+4<temp_info.indexOf(":YG:")){
                sensor_array[3]=temp_info.substring(temp_info.indexOf(":RG:")+4,temp_info.indexOf(":YG:"));
            }
        }
        if(temp_info.indexOf(":YG:")!=-1 && temp_info.indexOf(":B1:")!=-1){
            if(temp_info.indexOf(":YG:")+4<temp_info.indexOf(":B1:")){
                sensor_array[4]=temp_info.substring(temp_info.indexOf(":YG:")+4,temp_info.indexOf(":B1:"));
            }
        }
        if(temp_info.indexOf(":PA:")!=-1 && temp_info.indexOf(":RA:")!=-1){
            if(temp_info.indexOf(":PA:")+4<temp_info.indexOf(":RA:")){
                sensor_array[0]=temp_info.substring(temp_info.indexOf(":PA:")+4,temp_info.indexOf(":RA:"));
            }
        }
        if(temp_info.indexOf(":RA:")!=-1 &&temp_info.indexOf(":PG:")!=-1){
            if(temp_info.indexOf(":RA:")+4<temp_info.indexOf(":PG:")){
                sensor_array[1]=temp_info.substring(temp_info.indexOf(":RA:")+4,temp_info.indexOf(":PG:"));
            }
        }
        delay(1);
    }
}
//Funcio encarregada de desmontar la string info del bluetooth per lectura BOTONS
```



## Main del programa [Processing]

```
void draw() {
  clear();
  //Switch de funcionament de l'aplicacio. Encarregat de mostrar les parts/fases de
  switch(interficieObject.switch_program_modules){
    //Carrega la portada
    case 100:
      interficieObject.loadPortadaInterface();
      if(boton[0].equals("1")){
        interficieObject.switch_program_modules=101;
        interficieObject.restarGenericIntCounter();
      }
      break;
    //Pantalla de carrega del sistema amb delay i calibratge
    case 101:
      //Continua mostrant el fons
      interficieObject.loadPortadaInterface();
      pushStyle();
      //Contador generic
      interficieObject.genericIntCounter+=5;
      fill(255,interficieObject.genericIntCounter);
      rect(0,0,1920,1080);
      fill(0,interficieObject.genericIntCounter);
      stroke(0,interficieObject.genericIntCounter);
      textSize(50);
      text("CARREGANT SISTEMA...",400,540);
      text("CALIBRANT PINZELL...",400,620);
      popStyle();
      //Controlem el contador, i executem el següent mode
      if(interficieObject.genericIntCounter>=270){
        interficieObject.switch_program_modules=interficieObject.optionControl;
        delay(5000);
        //Reiniciem valors del cursor per arduino, mitjançant bluetooth
        byte[] enviar = {'s','w','i','t','c','h'};
        enviar[0] = 'l';
        enviar[1] = 'l';
        enviar[2] = '\r';
        bt.broadcast(enviar);
        //Com que iniciem el thread en el setup, necessitem reiniciar la posicio
        actual_rad_x=0;
      }
      break;
    case 1://Carrega mode geolocalitzacio
      pushStyle();
      fill(255,0,0);
      rect(0,0,1920,1080);
      popStyle();
      break;
    case 2://Carrega el mode pintar linea
      interficieObject.buttonSwitchControlNonDelay();
      interficieObject.loadApp(this);
      switch(interficieObject.switch_main_mode){
        case 1:
          objectModeLinea.mainControlModeLinea();
          break;
        case 2:
          objectModeObject.mainControlModeObject();
          break;
      }

      objectModeLinea.displayLineas();
      objectModeObject.displayObjects();
      interficieObject.finalLoadApp();

      break;
  }
}
} //Fi de Draw
```

## Mòdul/classe càmera del programa [Processing]

```
import ketai.camera.*;

//classe carrega camera
public class androidCameraSmarphone{

    public KetaiCamera cam;
    //720-480-30
    int w_res=1280;
    int h_res=720;
    int frames_ps=60;

    androidCameraSmarphone (){

    }
    //Funcio de la carrega de la camera Android
    void runCameraAndroid (PApplet pa){
        if(this.cam == null){
            this.cam = new KetaiCamera(pa, this.w_res, this.h_res, this.frames_ps);
        }
        if (this.cam.isStarted()==false)
        {
            this.cam.start();
        }

        if(this.cam != null && this.cam.isStarted()){
            hint(DISABLE_DEPTH_TEST);
            //hint(DISABLE_DEPTH_MASK);
            //background(cam);

            image(this.cam, 0, 0, width, height);
            //hint(ENABLE_DEPTH_MASK);
            hint(ENABLE_DEPTH_TEST);
        }
    }
}

//Funcio carrega camera virtual
public class androidCameraVirtual {

    androidCameraVirtual(){
        //camera(0,0,0,0,0,-920,0,1,0);
    }

    void mostraCameraVirtual(int pos_x, int pos_y, int pos_z,
                             int orient_x, int orient_y, int orient_z,
                             int valor_x, int valor_y, int valor_z){

        camera(pos_x,pos_y,pos_z,
              orient_x,orient_y,orient_z,
              valor_x,valor_y,valor_z);
    }
}
```

## Mòdul càlcul de posició del cursor Pitch [Processing]

```
void cursorPitch(){
  for(;;){
    //Desactivem botons si activem el menu dels modes per a "New box" o estem crean un objecte del mode Objecte, per a les rotacions
    if(interficieObject.first_control!=1 && objectModeObject.fase_control<3 && objectModeObject.start_dimension==false){

      if(boton[1].equals("1")){
        distance+=100;
      }
      if(boton[2].equals("1")){
        distance-=100;
      }
    }
    //Primer quadrant 0-90 graus
    //Convertim els strings a float per fer les comparacions numeriques
    sincro_control_cursor=false;
    if(parseFloat(sensor_array[2])<0 && parseFloat(sensor_array[2])>=-90){
      float tempora_cursor_y=parseFloat(sensor_array[2])*(-1);
      pos_cursor_y=sin(radians(tempora_cursor_y))*distance;
      vector_cursor=cos(radians(tempora_cursor_y))*distance;
      //Negatiu perque cap amunt en processing y es negatiu desde (0,0,0)
      pos_cursor_y=pos_cursor_y*(-1);
    }

    //Quart quadrant 180-270 graus
    if(parseFloat(sensor_array[2])>=0 && parseFloat(sensor_array[2])<90){
      //Restem els graus del primer quadrant, per aplicar la regla trigonometrica
      float tempora_cursor_y=(parseFloat(sensor_array[2])*-1)+360;
      tempora_cursor_y = tempora_cursor_y-270;

      pos_cursor_y=cos(radians(tempora_cursor_y))*distance;
      vector_cursor=sin(radians(tempora_cursor_y))*distance;
    }
    sincro_control_cursor=true;

    temporal_cords_cursor[1]=pos_cursor_y;

    delay(10);
  }
}
```

## Funció de representació de la interfície MODES [Processing]

```
//-----
//1.-Carreguem la sortida del primer menu (Activacio menu)
//-----
if(active_menu_control[1]==false && active_menu_control[2]==false
&& active_menu_control_2[1]==false && active_menu_control_2[2]==false){
  //Control de pulsacions principal
  if(this.buttonSwitch2_5[0]==true){
    if(this.first_control==0){
      this.first_control=1;
    }else{
      this.first_control=0;
    }
    this.buttonSwitch2_5[0]=false;
  }
}

switch(this.first_control){

  case 0:
    if(this.post_primer_menu>-350){
      this.post_primer_menu-=50;
      this.active_menu_control[0]=false;
    }
    break;
  case 1:
    if(this.post_primer_menu<-50){
      this.post_primer_menu+=50;
    }
    if(this.post_primer_menu>=-50 && this.active_menu_control[1]==false){
      this.post_primer_menu=-16;
      this.active_menu_control[0]=true;
    }
    break;
}
if(this.first_control==1 || this.post_primer_menu>=-260){
  image(this.mode_linea_menu[0],this.post_primer_menu,250);
}
}
```

## Connexió i obtenció de valors dels sensors mòbil [Processing]

```
void onAccelerometerEvent(float x, float y, float z, long a, int b)
{
  accelerometerX = x;
  accelerometerY = y;
  accelerometerZ = z;
  accu_accel=a;
  times_accel=b;
}
void onGyroscopeEvent(float x, float y, float z)
{
  gyroX = x;
  gyroY = y;
  gyroZ = z;
}

void onGeomagneticRotationVectorEvent(float x, float y, float z){
  value_X=x;
  value_Y=y;
  value_Z=z;
}
void onGameRotationEvent(float x, float y, float z){
  value_2X=x;
  value_2Y=y;
  value_2Z=z;
}
void onLinearAccelerationEvent(float x, float y, float z, long a, int b){
  linear_a_x=x;
  linear_a_y=y;
  linear_a_z=z;
}

void onOrientationEvent(float x, float y, float z){
  orientation_x=x;
  orientation_y=y;
  orientation_z=z;
}

void onMagneticFieldEvent(float x, float y, float z){
  magnetic_x=x;
  magnetic_y=y;
  magnetic_z=z;
}
}
```

## Connexió i obtenció de valors dels sensors mòbil [ARDUINO]

```
void buttonsControlSystem() {
  // -----
  if (digitalRead(buttonPin1) == HIGH) {
    button_array[0] = 1;
  } else {
    // turn LED off:
    button_array[0] = 0;
  }
  if (digitalRead(buttonPin2) == HIGH) {
    button_array[1] = 1;
  } else {
    button_array[1] = 0;
  }
  if (digitalRead(buttonPin3) == HIGH) {
    button_array[2] = 1;
  } else {
    button_array[2] = 0;
  }
  if (digitalRead(buttonPin4) == HIGH) {
    button_array[3] = 1;
  } else {
    button_array[3] = 0;
  }
  if (digitalRead(buttonPin5) == HIGH) {
    button_array[4] = 1;
  } else {
    button_array[4] = 0;
  }
}
```

## Estructura principal arduino [ARDUINO]

```
void loop()
{
    timer = millis();
    // Read normalized values
    Vector norm = gyroscope.readNormalize();
    // Calculate Pitch, Roll and Yaw
    pitch = pitch + norm.YAxis * 0.01;
    roll = roll + norm.XAxis * 0.01;
    if((norm.ZAxis * 0.01)>=0.09 || (norm.ZAxis * 0.01)<=0){
        yaw = yaw + norm.ZAxis * 0.01;
    }
    //-----
    Vector norm_acce= accelerometer.readNormalize();
    // Vector filtered = accelerometer.lowPassFilter(norm_acce, 0.15);
    //int fpitch = -(atan2(filtered.XAxis, sqrt(filtered.YAxis*filtered.YAxis + filtered.ZAxis*filtered.ZAxis))*180.0)/M_PI;
    //int froll = (atan2(filtered.YAxis, filtered.ZAxis)*180.0)/M_PI;
    int accPitch = -(atan2(norm_acce.XAxis, sqrt(norm_acce.YAxis*norm_acce.YAxis + norm_acce.ZAxis*norm_acce.ZAxis))*180.0)/M_PI;
    int accRoll = (atan2(norm_acce.YAxis, norm_acce.ZAxis)*180.0)/M_PI;

    kalPitch = kalmanY.update(accPitch, norm.YAxis);
    kalRoll = kalmanX.update(accRoll, norm.XAxis);

    //-----
    buttonsControlSystem();
    //-----
    // Output raw
    //Serial.print("timestep");
    //Serial.print((timeStep*1000) - (millis() - timer));
    //Inicialitzad
    char dato= Serial.read();
    if (dato=='1'){
        pitch=accPitch;
        roll=accRoll;
        yaw=0;
    }

    Serial.print("PA:");
    Serial.print(accPitch);
    Serial.print("RA:");
    Serial.print(accRoll);
    Serial.print("PG:");
    Serial.print(kalPitch);
    Serial.print("RG:");
    Serial.print(kalRoll);
    Serial.print("YG:");
    Serial.print(yaw);
    for (int i=0;i<=4;i++){
        Serial.print("B");
        Serial.print(i+1);
        Serial.print(" ");
        Serial.print(button_array[i]);
    }
    Serial.print("F:");
    Serial.println();
    // Wait to full timeStep period
    //Serial.flush();
    delay((timeStep*1000) - (millis() - timer));
    //delay(1000);
}
```

## Annex 3: Guia d'estils

### Logotips i icones



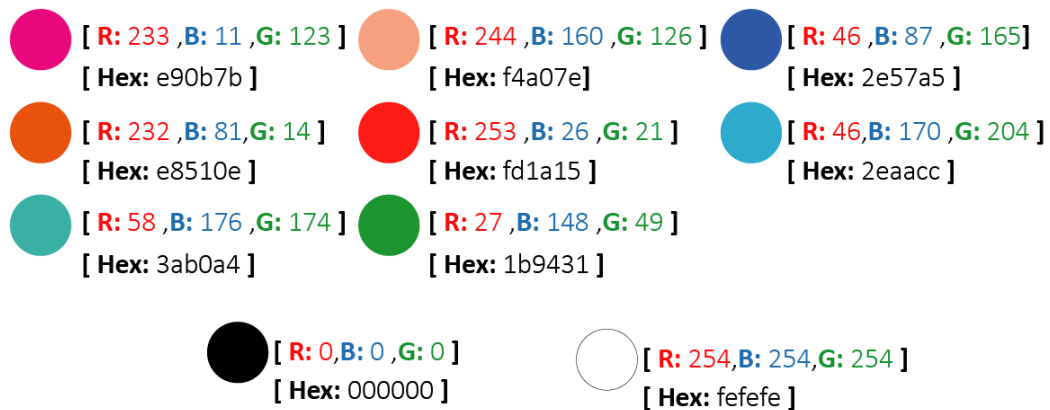
#### Icona APP original



#### Icones 72 píxels, 48 píxels i 32 píxels respectivament



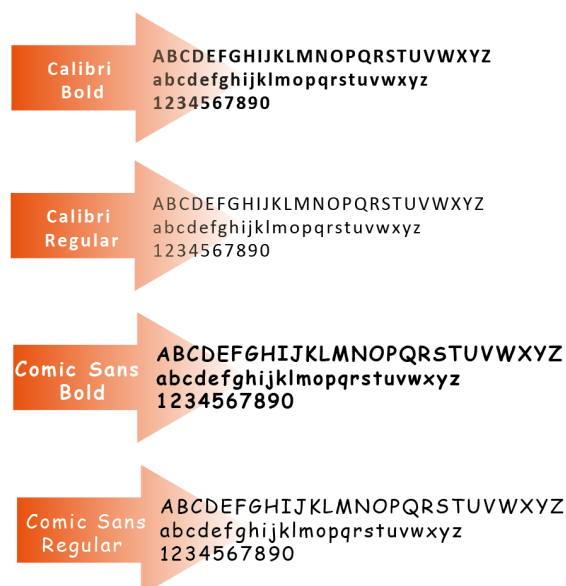
## Guia de colors



## Tipografia

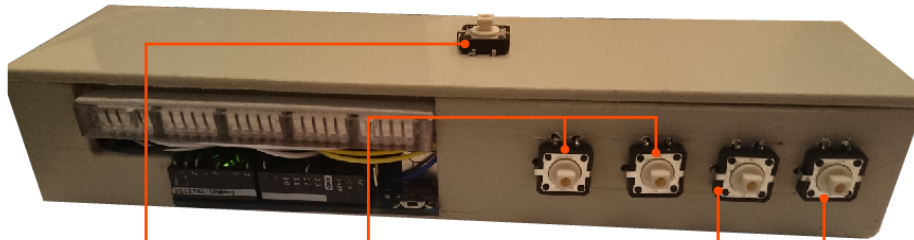
Pel disseny i creació mitjançant programes **Comic Sans**, tipogràfica que he considerat perfecte per a la temàtica del programa, degut a contorns arrodonits i dobles.

Per a la lectura i estructura APP s'ha utilitzat **Arial Bold** i **Comic Sans**, tipografies perfectes per a la lectura del usuari en densitat de píxels elevades i pantalles de dimensions petites.



## Annex 4: Guia d'usuari

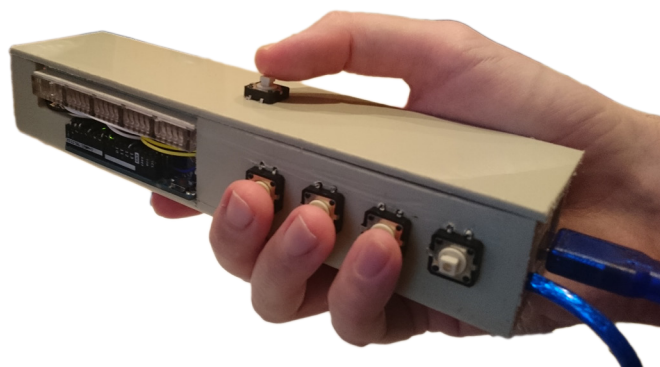
### Ús de botons del pinzell físic



	B1	B2 B3	B4	B5
<b>Interacció Entorn virtual</b>	Pinta o crea objectes en l'entorn virtual.	Incrementa/disminueix la distància coordenades Z.	Activa/desactiva el mode grid i mode orientació.	<b>Una pulsació:</b> Activa el menú ràpid del sistema. <b>Dues pulsacions:</b> Activa menú Avançat.
<b>Interacció Menús</b>	Accepta/entra en opcions/menús.	Botons de selecció D'opcions de la interfície.	---	Retorna a menús anteriors o tanca el menú ràpid o avançat.

### Subjecció del pinzell físic

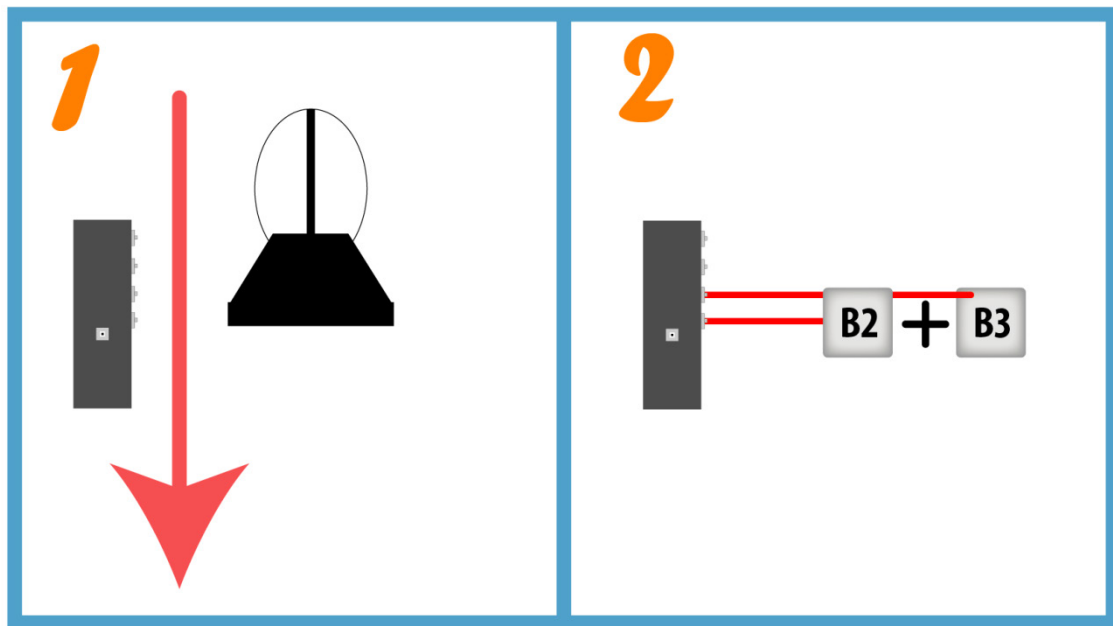
El pinzell físic està pensat per ser subjectat tal com es pot veure en el dibuix. El dit petit s'encarregarà de polsar els botons B4 i B5, mentre que la resta de dits corresponen a la posició del botons.





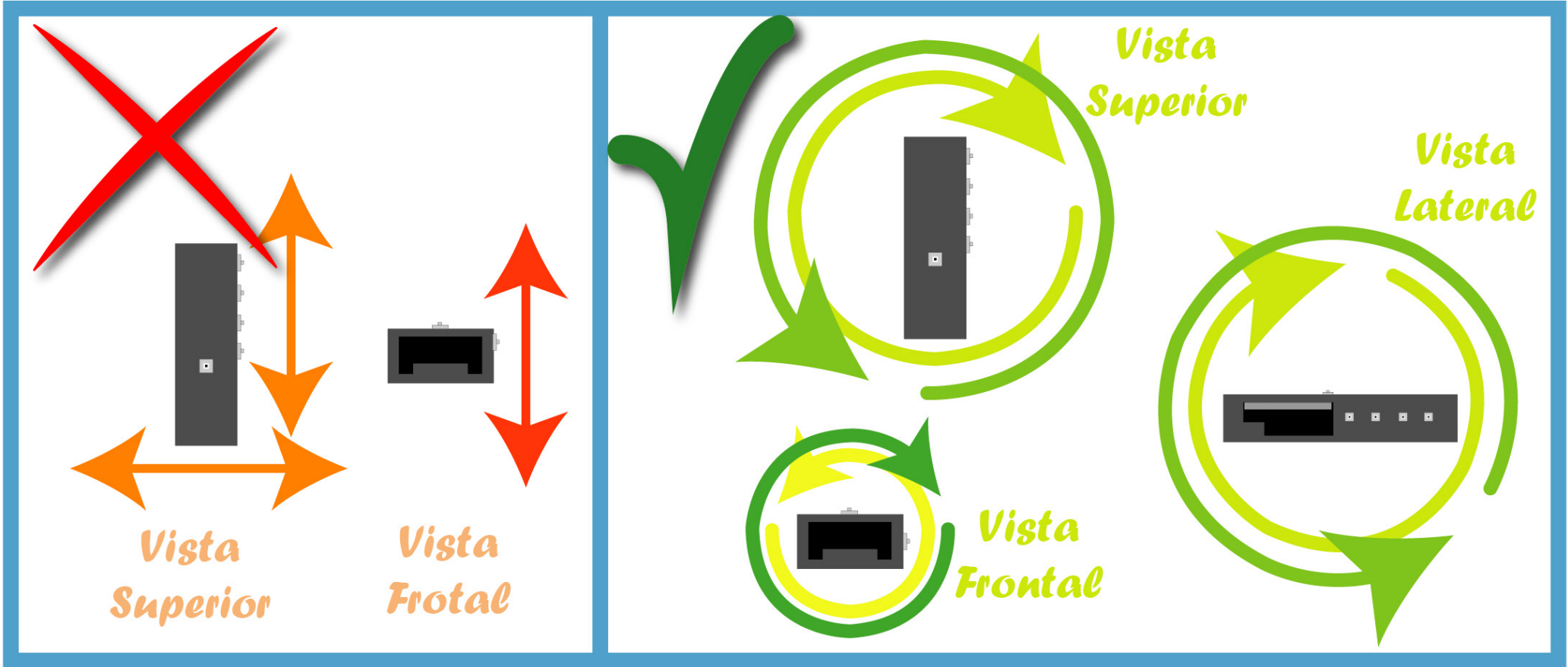
## Calibratge

El sistema incorpora una funció de calibratge en cas que es perdi precisió. Per fer servir el calibratge automàtic utilitza els botons B2 i B3 al mateix temps. El sistema calibrarà a la posició on s'estigui mirant, per tant és important mantenir el pinzell físic en direcció paral·lela en la mateixa direcció al *Cardboard*



## Mode d'ús

El pinzell físic no es capaç de processar la posició absoluta, únicament les rotacions. Per tant es important mantenir la mateixa posició per evitar errors de lectura en els girs. No passa res si son moviments de curta distància, però a llarga distància pot provocar aquests errors. En cas de que el pinzell perdi la posició real, es pot utilitzar el sistema de calibratge esmentat anteriorment.

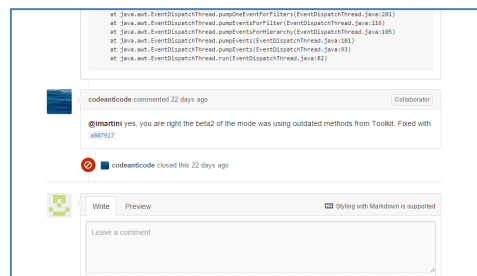


## Annex 5: Col·laboracions amb la comunitat Processing

En el punt anterior, comento que un dels punts crítics dins de la fase de disseny, es la incompatibilitat de algunes llibreries dins de Processing. Aquesta incompatibilitat es devia a que algunes llibreries funcionaven en Processing 2.2.1 i algunes havien sigut actualitzades a Processing 3.0.

Un dels casos era el Android Mode per Processing, que havia deixat de funcionar per Processing 2.2.1 i ja no rebia suport. El següent problema relacionat amb Android Mode, en la versió per Processing 3.0 rebia errors en les seccions de permisos per Android, fent que no pogués utilitzar el bluetooth per les meves probes.

Per tant vaig decidir investigar el origen d'aquest problemes i col·laborar amb el creador de l'aplicació, mitjançant la plataforma de distribució i producció de projectes GitHub.



Il·lustració 58: Resposta del creador de Android Mode, en referent al problema de la llibreria. <https://github.com/processing/processing-android/issues/152>

A partir d'aquest primera col·laboració, vaig començar a participar activament en els fòrums de Processing oferint i resolent dubtes sobre Processing i Arduino.



Il·lustració 59: Preguntes i resolució sobre Android Mode. <http://forum.processing.org/two/discussion/13182/how-to-hide-the-bottom-menu-of-android>

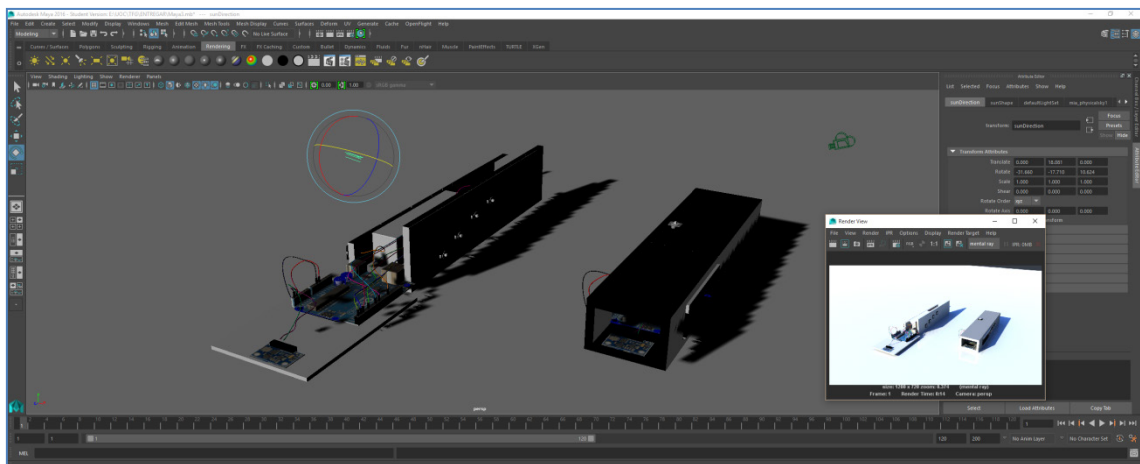
## Annex 6: Imatgeria Pinzell físic: Disseny tridimensional i real

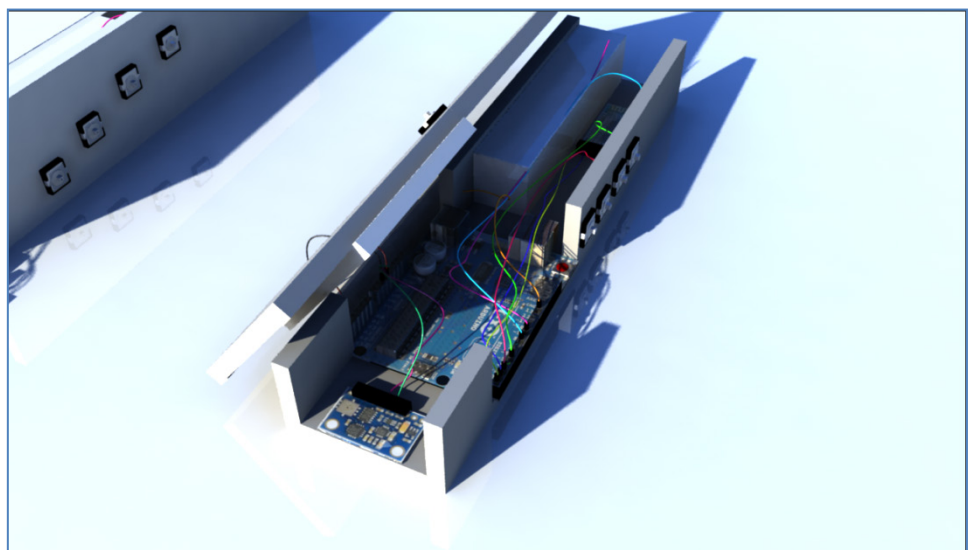
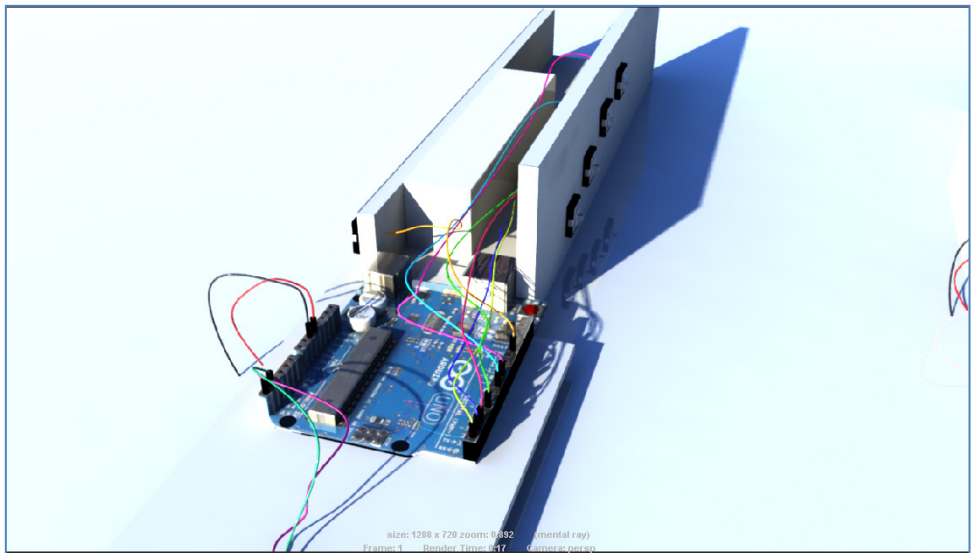
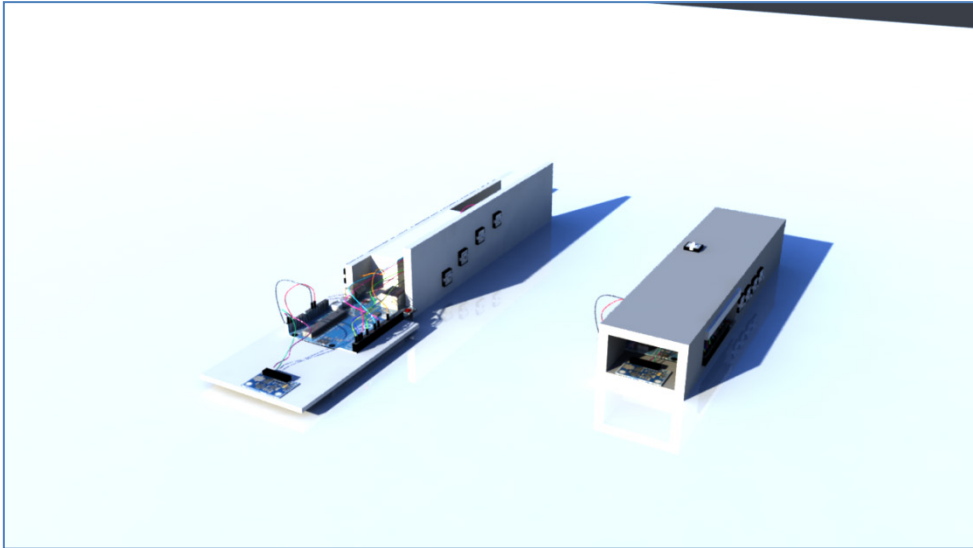
Pel desenvolupament i construcció del pinzell físic final, vaig desenvolupar els possibles dissenys tridimensionals, ja que la construcció requeria certa precisió en la ubicació de components i reducció de les dimensions als mínims possibles.

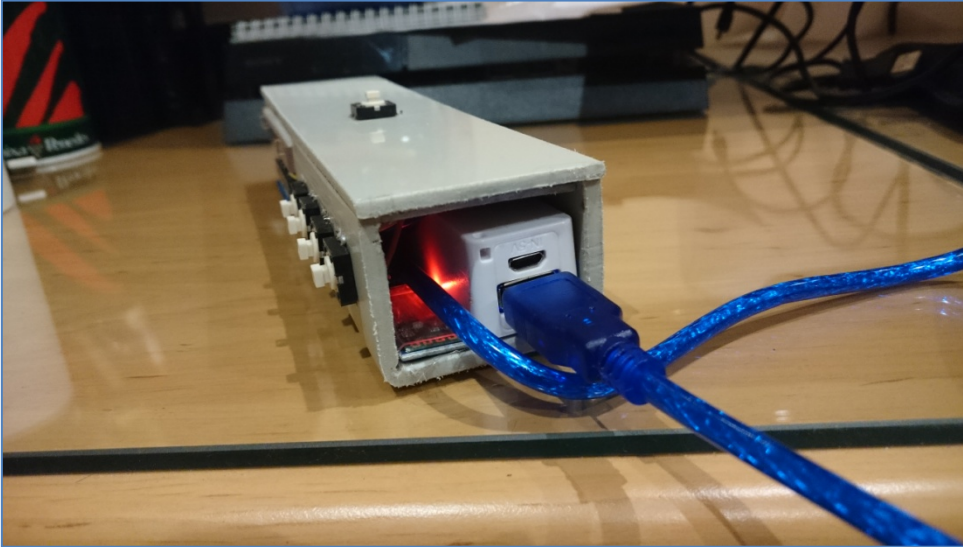
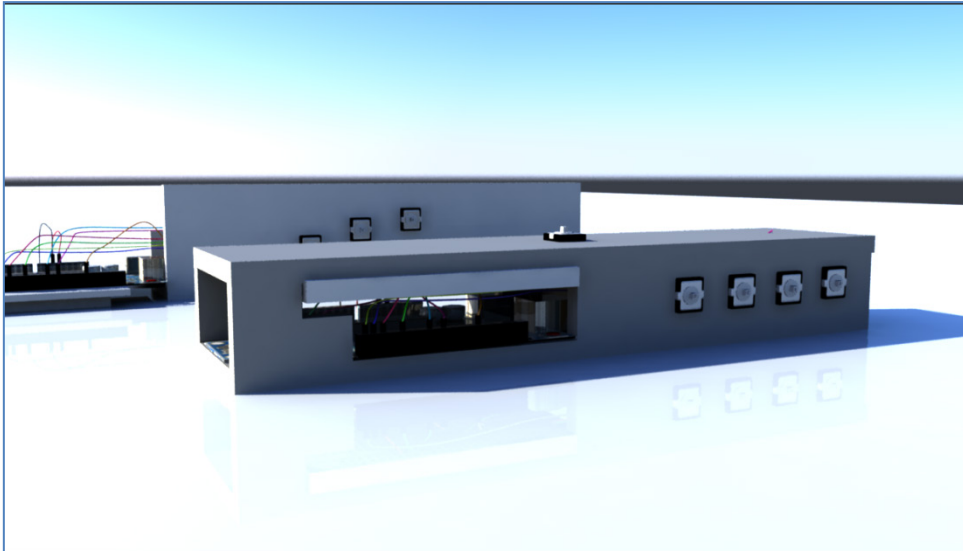
Tenia varies limitacions en quant a dimensions:

- La bateria del dispositiu.
- Arduino UNO.
- Els cables.

Aquests components feien difícil una reducció de dimensions finals, havent de realitzar diferents dissenys al llarg del procés de desenvolupament, mantenint la comoditat i ergonomia desitjada.



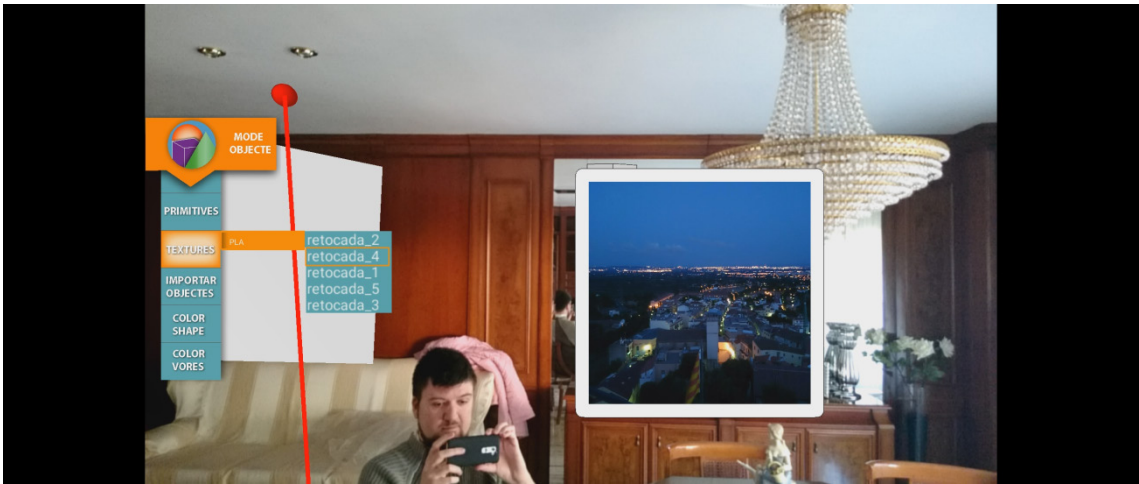
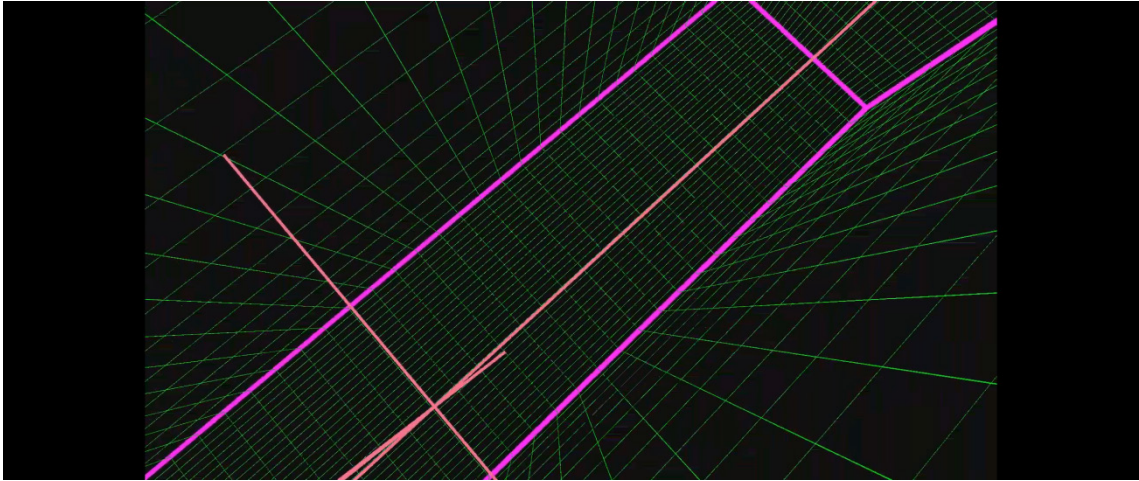




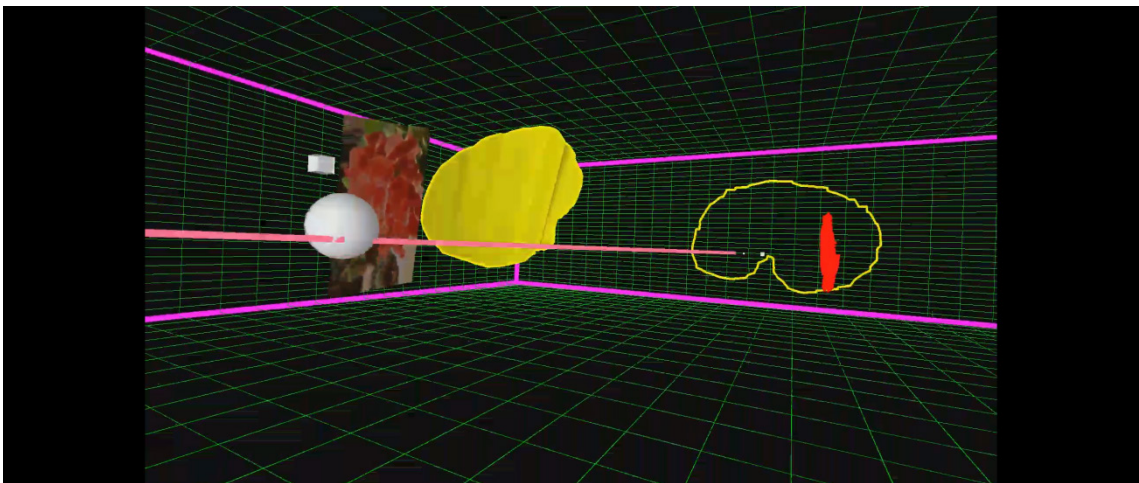
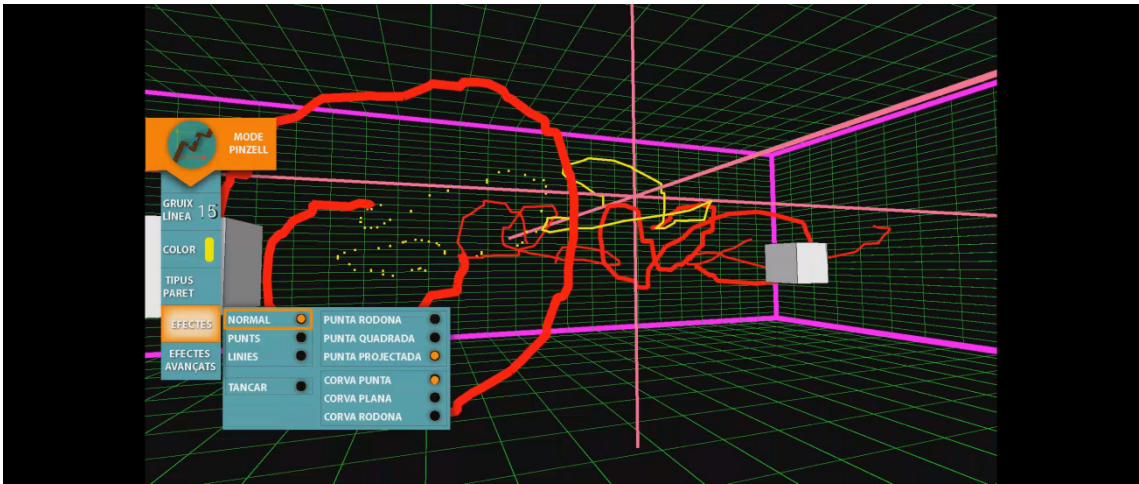
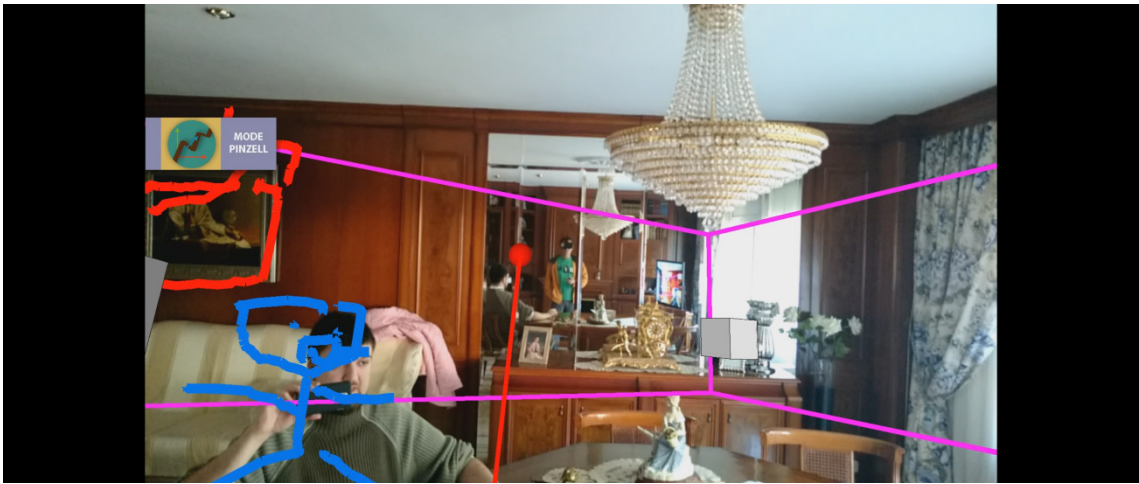


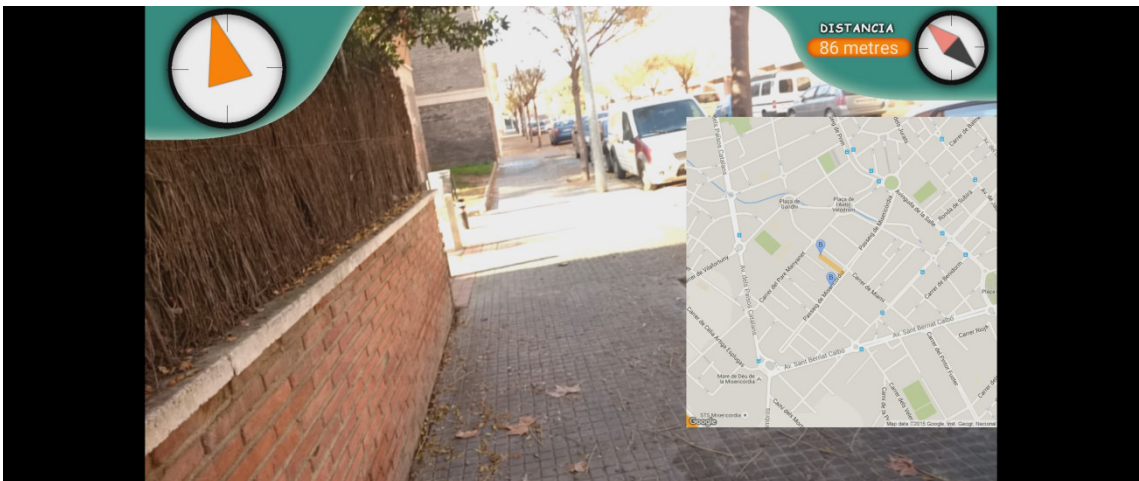
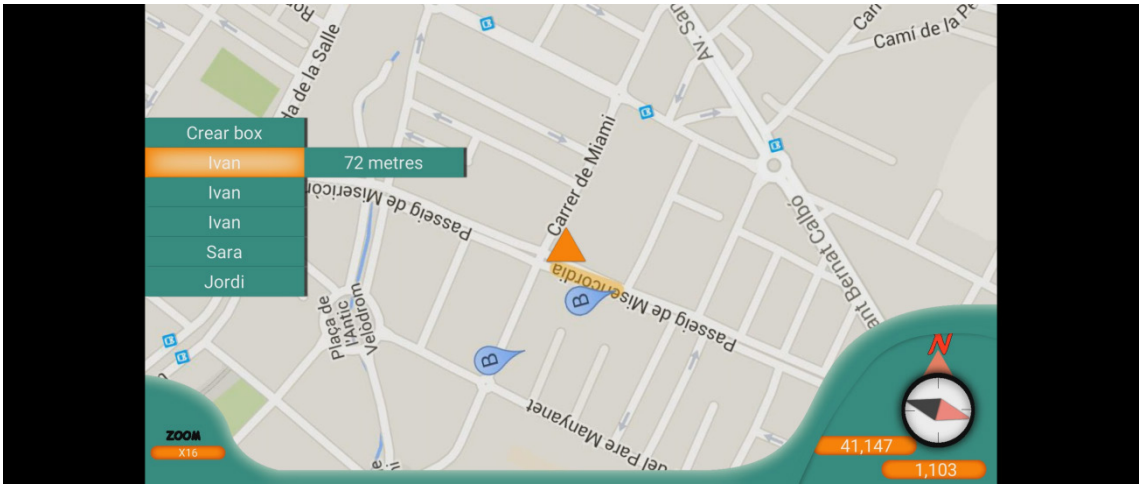
## Annex 7: Imatgeria app PaintXYZ











## Annex 8: Relació assignatures i projecte

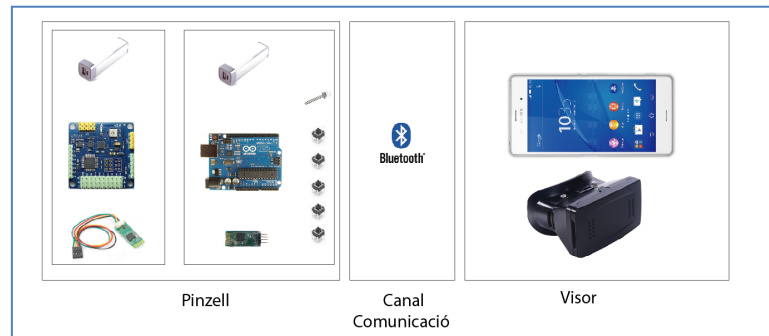
En la realització d'aquest projecte, he posat en practica dels coneixements adquirits a partir del Grau Multimèdia a més dels coneixements adquirits en la meva cerca e investigació del projecte. Per això he volgut afegir una taula de relació de les assignatures cursades i la realització del projecte.

Assignatures	En que han influït en el projecte?
<b>-Disseny gràfic</b> <b>-Imatge i llenguatge Visual</b>	Tot el relacionat amb el disseny gràfic de la interfície APP.
<b>-Integració digital de continguts</b> <b>-Tractament i publicació d'imatge i vídeo</b> <b>-Tractament i publicació d'àudio</b>	Coneixements de programació Java, Processing i altres.
<b>-Disseny d'interacció</b>	Nocions de electrònica i programació en C/C++ i Arduino.
<b>-Fonaments i evolució Multimèdia</b> <b>-Mitjans interactius</b> <b>-Realitat virtual</b>	Per la cerca de noves tecnologies en relació a la multimèdia, sobre realitat virtual, augmentada i tecnologies relacionades i el seu funcionament.
<b>-Vídeo</b> <b>-Composició digital</b> <b>-Narrativa interactiva</b> <b>-Tractament i publicació d'imatge i vídeo</b> <b>-Tractament i publicació d'àudio</b>	Producció i postproducció del vídeo del projecte. Edició d'àudio audacity i audition, edició de vídeo amb Adobe premiere, animacions amb Adobe after effects, etc

<p align="center"><b>-Angles I i II</b></p>	<p>Coneixements d'angles per a la cerca d'informació i comunicació estrangera.</p>
<p align="center"><b>-Competència comunicativa per a professionals de les TIC</b></p>	<p>Per a la expressió escrita de documents professionals.</p>
<p align="center"><b>-Matemàtiques per a multimèdia I i II</b> <b>-Física per a multimèdia</b></p>	<p>Nocions per a la investigació i formulació d'algoritmes que m'han permès construir el sistema de detecció de moviments.</p>
<p align="center"><b>-Gràfics 3D</b> <b>-Animació</b> <b>-Animació 3D:</b></p>	<p>Nocions i capacitats per a construir models i prototipats 3D a escala, amb Autodesk Maya i 3D Max.</p>
<p align="center"><b>-Arquitectura de la informació</b> <b>-Usabilitat</b> <b>-Comportament d'usuaris</b> <b>-Disseny de interfícies:</b></p>	<p>Estudi i anàlisi per a la construcció de la interfície del sistema, incloent les proves de laboratori per la usabilitat i el disseny i organització de la informació del sistema.</p>
<p align="center"><b>-Mètodes i desenvolupament de projectes en xarxa</b> <b>-Gestió de projectes</b> <b>-Administració d'organitzacions</b> <b>-Mercat i legislació</b></p>	<p>Anàlisi i elaboració del projecte en les diferents etapes (abast, costos, anàlisi de viabilitat, memòria, etc).</p>

## Annex 9: Possibles dissenys del sistema

### Sistema 1



Il·lustració 60: Concepte de disseny 1

**Components:** 5 botons, 1 LED RGB, Arduino UNO ,MultiWii, 2 Bateria, Cardboard, 2 Bluetooth.

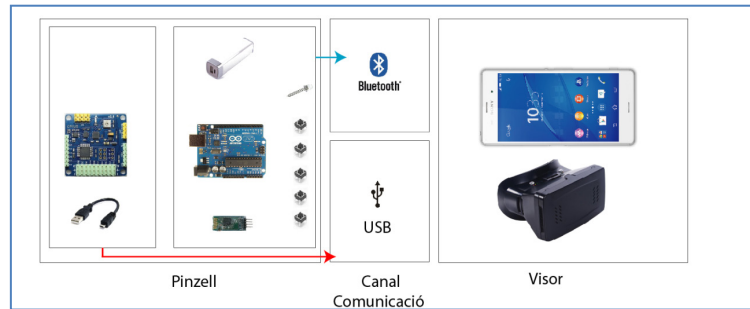
#### **Funcionament:**

- Base de dades en el Mòbil (SQLite).
  - El Pinzell connecta amb el mòbil per mitjà de 2 bluetooth connectats.
  - Pinzell connecta amb el mòbil, i Processing recollida la informació.
3. Processing primer comprova si s'ha activat el boto de guardat de punts, que s'activa amb arduino UNO.
  4. Si s'activa, llegeix els valors de MultiWii i els guarda en SQLite.
- El Mateix programa llegeix la base de dades, representa els punts en un entorn 3D, i el superposa sobre la imatge presa de la càmera. A més es programarà el moviment de càmera per mitjà del moviment.

#### **Botons:**

1. Apagar/encendre guardat de punts (1 boto).
2. Precisió de punts (2 botons).
3. Selecció d'opcions interfície (1botó).
4. Lliure.

## Sistema 2



Il·lustració 61: Concepte de disseny 2

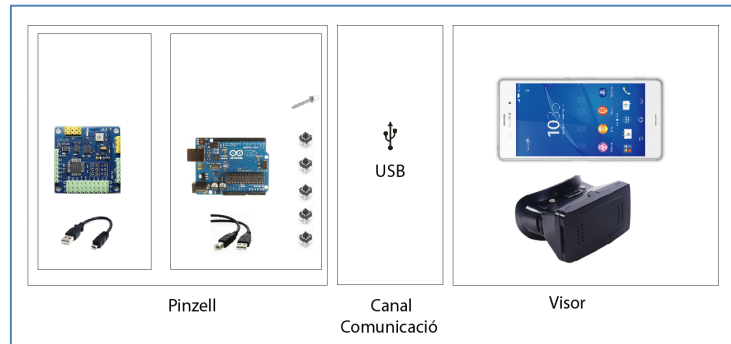
**Components:** 5 botons, 1 LED RGB, Arduino UNO, MultiWii, 1 Bateria, Cardboard, 1 Bluetooth, Cable OTG per mòbil, 1 cable USB

### Funcionament

- Base de dades en el Mòbil (SQLite)
  - El Pinzell connecta amb el mòbil per mitjà de 1 bluetooth connectats i un cable OTG per al sensor MultiWii.
  - Pinzell connecta amb el mòbil, i Processing (programa) recollida la informació
5. Processing primer comprova si s'ha activat el boto de guardat de punts, que s'activa amb Arduino UNO
  6. Si s'activa, llegeix els valors de MultiWii i els guarda en SQLite
- El Mateix programa llegeix la base de dades, representa els punts en un entorn 3D, i el superposa sobre la imatge presa de la càmera. A més es programarà el moviment de càmera per mitjà del moviment.



### Sistema 3



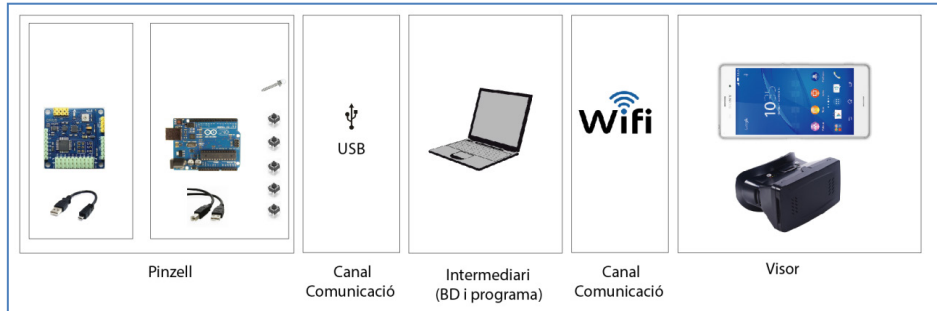
Il·lustració 62: Concepte de disseny 3

**Components:** 5 botons, 1 LED RGB, Arduino UNO, MultiWii, Cardboard, Cable OTG per mòbil, 2 cables USB.

#### Funcionament

- Base de dades en el Mòbil (SQLite)
  - El Pinzell connecta amb el mòbil per mitjà de un cable OTG per a connectar dos dispositius USB.
  - Pinzell connecta amb el mòbil, i Processing (programa) recoll-lecta la informació
7. Processing primer comprova si s'ha activat el boto de guardat de punts, que s'activa amb Arduino UNO
  8. Si s'activa, llegeix els valors de MultiWii i els guarda en SQLite
- El Mateix programa llegeix la base de dades, representa els punts en un entorn 3D, i el superposa sobre la imatge presa de la càmera. A més es programarà el moviment de càmera per mitjà del moviment.

## Sistema 4



Il·lustració 63: Concepte de disseny 4

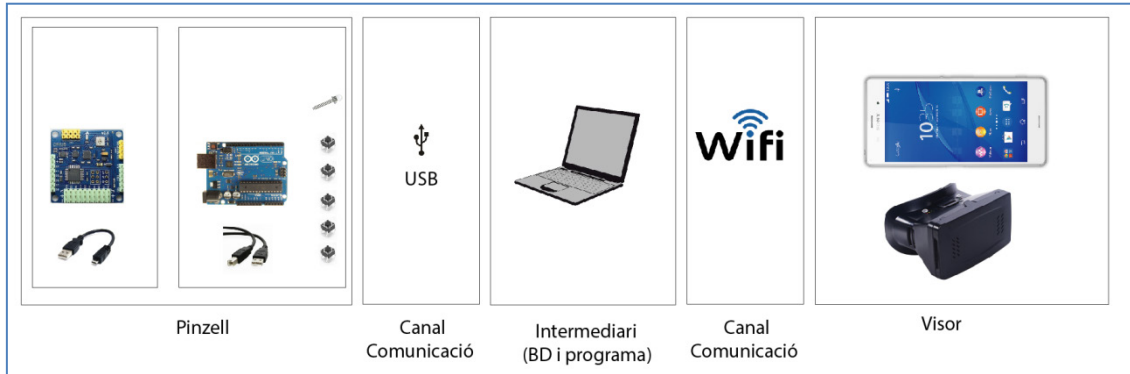
**Components:** 5 botons, 1 LED RGB, Arduino UNO, MultiWii, Cardboard, portàtil, connexió Wifi (Router), 2 cables USB.

### Funcionament

- Base de dades en el Portàtil (SQLite)
  - El programa de recopilació d'informació i escritura sobre SQLite es troba en Portàtil.
  - El Pinzell connecta amb el portàtil per mitjà de dos cables USB.
1. Processing primer comprova si s'ha activat el boto de guardat de punts, que s'activa amb Arduino UNO
  2. Si s'activa, llegeix els valors de MultiWii i els guarda en SQLite
- El segon programa es troba en el mòbil, encarregat de llegir la base de dades del portàtil i interpretar l'entorn virtual mitjançant Wifi.
  - El Mateix programa llegeix la base de dades, representa els punts en un entorn 3D, i el superposa sobre la imatge presa de la càmera. A més es programarà el moviment de càmera per mitjà del moviment.



## Sistema 5



Il·lustració 64: Concepte de disseny 5

**Components:** 5 botons, 1 LED RGB, Arduino UNO, MultiWii, Cardboard, portàtil, connexió Wifi (Router), 2 cables USB.

### Funcionament

- Base de dades en el Portàtil (MySQL - Processing 2.2.1)
  - El programa de recopilació d'informació i escriptura sobre MySQL es troba en Portàtil.
  - El Pinzell connecta amb el portàtil per mitjà de dos cables USB.
3. Processing primer comprova si s'ha activat el boto de guardat de punts, que s'activa amb Arduino UNO
  4. Si s'activa, llegeix els valors de MultiWii i els guarda en MySQL
- El segon programa es troba en el mòbil, encarregat de llegir la base de dades del portàtil i interpretar l'entorn virtual mitjançant Wifi.
  - El Mateix programa llegeix la base de dades, representa els punts en un entorn 3D, i el superposa sobre la imatge presa de la càmera. A més es programarà el moviment de càmera per mitjà del moviment.

## Annex 10: Diari del procés de treball

Setembre 30 fins Octubre 31		
Dimecres 30/9/2015		Procés de treball
Hores	9	-Selecció de sensor
Problemes	0	-Investigar tot el relacionat amb el sensor, ampliacions, compatibilitats, problemes, etc
Progrés	<i>Establert</i>	-Llibreries trobades: Ketai Library (Android Mode), BeizerSQLib (Base dades), Firmata(Arduino).  -Compra Crius Multiwii i sensor específic
Dijous 1/10/2015		Procés de treball
Hores	10	-Primera prova Processing/Android (processing for android/Android Mode)
Problemes	3	-Instal·lació SDK Android  -Cerca per realitzar connexions amb SQLite en Processing
Progrés	<i>Establert</i>	-Connexions SQLite i Processing en xarxa  -Investigar SQLite server i client  -Processing 3.0 i Android mode  -Existència de Ketai llibrary for Android  -Estudi dels canvis realitzats en Processing 3.0 vs Processing 2.2.1
Descripció problemes		1.-Problema instal·lació del Android mode for Processing 2.2.1. A la espera de la versió 3.0 de Processing  2.-No es possible realitzar connexions en xarxa amb SQLite de forma senzilla. S'estudiarà el disseny i els canvis necessaris, cerca de nous mètodes de connexions amb base de dades, connexions en FTP, etc.

Divendres 2/10/2015		Procés de treball
Dissabte 3/10/2015		
Hores	17	-Proves amb Android mode
Problemes	3	-Processing 3.0 Android Mode funciona, però "Sketch Permissions" retorna error.
Progrés	Establert	<p>-Trobada la causa de l'error anterior, i cooperant amb el creador de Android Mode.</p> <p>-Solució problemes Android Mode en Processing 2.2.1. Descàrregada una versió especial per a Prossecing.</p> <p>-Error de versió Android Mode Processing 2.2.1.</p> <p>-Processing 2.2.1 no funcionava el compilador. No es capaç de generar l'aplicació per Android.</p>
Descripció problemes		<p>1.-"Sketch Permissions" son els permisos que es donen a l'aplicació per Android, per fer ús de parts del sistema, com Wifi, Bluetooth, Internet, etc. El programa retorna error i per tant no podia concebre permisos per l'ús de components.</p> <p>2.-Al compilar, Processing retornava error en la consola. Solució: descarregar Android sdk i instal·lar les versions corresponents. Es necessitava android-19 (SDK 19) sinó retornava error.</p> <p>3.-Un segon problema en la compilació del Processing 2.2.1. Després de investigar, vaig arreglar el problema. Era un problema del jdk i javac, donava error de que no se trobava el compilador. Per arreglar el problema es va afegir un PATCH variable sobre el compilador de java (java/version java/bin). Això va solucionar el problema arranca el programa.</p>

Diumenge 4/10/2015		Procés de treball
Hores	6	-Error de interfície corregida Processing 3.0 Android Processing: <a href="https://github.com/processing/processing-android/issues/152">https://github.com/processing/processing-android/issues/152</a>
Problemes	2	-Problema incompatibilitat llibreria BeizerSQLib i Processing 3.0. Canvis en el software i programació de nou estudi del disseny.
Progrés	Establert	-Organització del entorn de treball.  -Compra de components (2 components bluetooth per Arduino).  -Anàlisi/disseny dels diferents sistemes possibles.  -Actualització del pressupost del projecte.  -Canvis de disseny del diari de treball.  -Programació de probes Arduino/Base de dades.
Descripció problemes		<p>1.-BeizersSQLib es una llibreria que permet connectar Processing amb diferents bases de dades. Degut als canvis realitzats en Processing 3.0, la llibreria ha deixat de funcionar. Retornant a la plataforma Processing 2.2.1 com a base del projecte.</p> <p>2.-Degut a la quantitat d'informació recopilada, m'he vist obligat a reestablir la organització de l'entorn de treball, per tal de facilitar el treball en el futur del projecte.</p> <p>3.-Degut als canvis realitzats en els dissenys, el pressupost s'ha vist incrementat. Encara que el canvi en el pressupost, es important destacar aquest punt en la realització de documentació en el futur.</p>

Dilluns 5/10/2015		Procés de treball
Hores	6	1.-Recopilació i organització d'informació.
Problemes	0	2.-Cerca de un CardBoard.
Progrés	Establert	3.-Recopilació informació connexions amb bluetooth. 4.-Documentació i canvis dels dissenys dels possibles sistemes. 5.-Estudi del tractament de dades (dades acceleròmetre, giroscopi, filtres de Kàlman, filtre complementari, etc).
Dimarts 6/10/2015		Procés de treball
Hores	4	-Primer component rebut i problemes de funcionament.
Problemes	1	-Canvis de disseny del pinzell. -Canvis en l'abast del projecte (establiment de l'entorn de projecte)
Problemes	Retard abast (1 setmana)	- Investigació sobre el tractament de dades acceleròmetre. -Organització entorn de treball i informació recol·lectada.
Descripció problemes		1.-El component electrònic demanat (MultiWii) estava defectuós degut al transport, això ha fet enrederir una setmana les probes de l'entorn de treball.
Canvis importants projecte		Retard del procés del treball per a la activitat/tasca "Preparació entorn de treball".  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Data antiga 7/10/15 fins 10/10/15 (3 dies).</li> <li>2. Nova data 7/10/15 fins 12/10/15 (6 dies)</li> </ol> Aquest canvis no afecten al procés general de treball, però posa al límit el temps de la tasca "Disseny" del projecte.

Dimecres 7/10/2015		Procés de treball
Hores	7	
Problemes	2	-Primeres probes de connexió bluetooth i enviament de dades en ambdues direccions.
Progrés	Establert	<p>-Problemes de compatibilitat de llibreria ADB Arduino.</p> <p>- Investigació sobre el tractament de dades acceleròmetre.</p> <p>-Compra de nous components (Canvi MultiWii per sensor GY-80).</p> <p>-Actualització de pressupost</p> <p>-Noves probes d'aplicacions Processing en Android.</p> <p>-Estudi del tractament de dades (estructura programa i base de dades).</p> <p>-No se poden connectar 2 bluetooth al mòbil (limitacions fabricant).</p> <p>-Canvis de disseny (Substitució MultiWii per GY-80, uso de shift registers, uso d'un segon Arduino per millorar precisió mòbil).</p> <p>-Investigació connexió Arduino per cable OTG mòbil.</p>
Descripció problemes		<p>1.-La llibreria ADB tenia problemes de compatibilitat amb la ultima versió de Arduino. S'han fet canvis simples per corregir aquest problemes.</p> <p>2.-Degut a limitacions del fabricant, no es poden connectar 2 bluetooth al mòbil al mateix temps. S'han fet canvis en el disseny del sistema.</p>

Dijous 8/10/2015		Procés de treball
Hores	6	-Canvis en el disseny i comunicació del sistema
Problemes	1	-Canvis en l'ordre de realització de les tasques.  -Problemes trobats en el prototip d'aplicació mòbil (APP)
Progrés	Establert	-Cerca i estudi de Producció d'entorn 3D en processing
Descripció problemes		1.-El entorn virtual programat, dona problemes amb la integració de imatges reals (càmera). Els objectes virtuals es troben en el mateix espai que la visualització de imatges i per tant es superposa amb aquesta.
Divendres 9/10/2015		Procés de treball
Hores	7	-Estudi i desenvolupament d'un nou entorn virtual
Problemes	0	-Cerca exemples de connexions per als sensors GY-80 i MPU-6050 (acceleròmetres).
Progrés	Establert	-Cerca de connexions LED RGB, botons per a shift registers.  -Preparació per a la generació de documentació per la PAC 2.
Dissabte 10/10/2015		Procés de treball
Hores	5	-Canvis en el disseny 3D.
Problemes	1	-Problemes acceleròmetre mòbil.  -Canvis d'interacció.
Progrés	Establert	
Descripció problemes		1.-Problema en la precisió del acceleròmetre, per tant es necessari buscar una alternativa per al control de posicionament.

Diumenge 11/10/2015		Procés de treball
Hores	3	-Estudi i disseny del entorn virtual
Problemes	1	-Primeres proves del nou entorn virtual programat en Processing. -Problemes en el nou entorn virtual.
Progrés	Establert	
Descripció problemes		1.-El nou entorn virtual te problemes de rendiment a l'hora de mostrar les imatges de la càmera. Buscant mètodes d'optimització per millorar el rendiment fins a 30 fps.
Dilluns 12/10/2015		Procés de treball
Hores	6	-Establiment de l'entorn virtual com entorn real (optimitzacions i finalització del entorn).
Problemes	0	-Cerca de noves llibreries per facilitar la feina.
Progrés	Establert	-Inici i establiment de la càmera virtual
Dimarts 13/10/2015 Dimecres 14/10/2015 Dijous 15/10/2015		Procés de treball
Hores	20	-Estudi de programació de càmeres virtuals.
Problemes	0	-Execució i proves d'exemples de càmeres virtuals a partir de llibreries trobades en Processing.
Progrés	Establert	-Aplicació d'objectes virtuals i animació. -Probes d'animació per la càmera virtual (rotacions). -Construcció i finalització de l'entorn virtual+càmera virtual+ càmera background (RA).



Divendres 16/10/2015 Dissabte 17/10/2015 Diumenge 18/10/2015		Procés de treball
Hores	<i>18</i>	
Problemes	<i>0</i>	-Estudi de paràmetres tornats pel sensor del mòbil. -Recopilació i proves per a les dades del sensor mòbil.
Progrés	<i>Establert</i>	-Càlculs i estructura de programació per l'aplicació mòbil. -Aplicació de càlcul algebraics/trigonomètrics per a la posició de coordenades X-Z a partir dels angles (radians) en 2D. -Aplicació de càlculs algebraic/trigonomètrics per a la posició de coordenades Y-Vector(X-Z) a partir dels angles (radians) en 2D. -Aplicació de càlculs per a la rotació en Z. -Establiment d'una relació entre càmera i càlculs. -Construcció de l'aplicació a partir de les dues aplicacions. -Reconstrucció del codi i organització (creació de classes i reestructuració del codi).
Dilluns 19/10/2015		Procés de treball
Hores	<i>4</i>	
Problemes	<i>0</i>	-Canvis en la funcionalitat de l'aplicació. Afegit un sistema de creació polygonal.
Progrés	<i>Establert</i>	-Finalització i optimització de l'entorn virtual. -Preparació de continguts per a la entrega PAC2.

Dimarts 20/10/2015		Procés de treball
Hores	6	-Ajustos de codi de l'entorn virtual
Problemes	0	-Establiment de noves formules per al càlcul pitch/yaw/roll
Progrés	Establert	-Establiment d'una estructura per a garantir una facilitat a l'hora d'afegir noves funcionalitats. -Preparació i organització de continguts per a la PAC2
Dimecres 21/10/2015		Procés de treball
Hores	7	
Problemes	0	-Elaboració del pressupost. .
Progrés	Establert	-Disseny d'interacció del usuari (GUI). -Modificacions en l'abast. -Estudi de representació 3D en l'entorn Processing. -Modificacions de la memòria. -Elaboració d'un document d'actualitzacions/modificacions de projecte.
Dijous 22/10/2015		Procés de treball
Hores	5	-Modificacions sobre Filtres de coordenades per aplicació mòbil (millora precisió)
Problemes	0	-Inicialització de correccions de la memòria i preparació de contingut per la PAC2
Progrés	Establert	

Divendres 23/10/2015 Dissabte 24/10/2015 Diumenge 25/10/2015 Dilluns 26/10/2015		Procés de treball
Hores	27	-Actualització i ampliació de contingut de la memòria.
Problemes	0	
Progrés	Establert	
Dimarts 27/10/2015 Dimecres 28/10/2015		Procés de treball
Hores	11	-Estructuració/documentació del sistema modular en paper.
Problemes	0	-Canvis en la estructura del sistema.
Progrés	Establert	-Probes en els mòduls mòbil en la cerca de errors/bugs. -Ajustos de precisió en els sensors mòbils. -Probes de nous filtres per millora de precisió. -Anàlisis d'us de magnetòmetre.
Dijous 29/10/2015		Procés de treball
Hores	6	-Construcció del primer prototip app mòbil: Unió dels mòduls bluetooth, entorn virtual, càmera virtual, sensors mòbil.
Problemes	0	
Progrés	Establert	-Optimització de codi. -Proves i resolució de problemes.

Divendres 30/10/2015		Procés de treball
Dissabte 31/10/2015		
Hores	<i>10</i>	-Reestructuració i organització de la informació trobada.
Problemes	<i>0</i>	-Probes Arduino sensor GY-80 i bluetooth.
Progrés	<i>Establert</i>	

Novembre 1 fins Novembre 30		
Diumenge 1/11/2015		Procés de treball
Hores	9	-Construcció dels mòduls Arduino de càlculs de sensors i enviament de dades.  -Problemes amb enviament de dades bluetooth
Problemes	1	
Progrés	Establert	
Descripció problemes		1.-Problemes de sincronització, enviament i interpretació de dades.
Dilluns 2/11/2015		Procés de treball
Hores	7	-Problemes per part de Processing del enviament de dades bluetooth  -Optimització de codi Processing
Problemes	1	
Progrés	Establert	
Descripció problemes		1.-Persistència en els problemes de comunicació Bluetooth trobats al dia anterior.
Dimarts 3/11/2015		Procés de treball
Hores	8	-Solució de problemes d'enviament de dades bluetooth  -Actualització de documentació.  -Canvis de disseny de l'aplicació (fora shift register i led RGB).  -Construcció física del prototip.  -Programació dels botons i la string d'enviament de dades.
Problemes	0	
Progrés	Establert	

Dimecres 4/11/2015		Procés de treball
Hores	8	-Correcció de errors i inici construcció punter virtual.
Problemes	0	-Documentació de memòria actualitzada.
Progrés	<i>Establert</i>	-Canvis i correccions ortogràfiques de la memòria. -Canvis en el codi Arduino.
Dijous 5/11/2015		Procés de treball
Hores	6	-Finalització del cursor.
Problemes	0	-Optimització de codi.
Progrés	<i>Establert</i>	-Canvis sensibilitat. -Organització de codi.
Divendres 6/11/2015		Procés de treball
Hores	6	-Creació d'organigrames
Problemes	0	-Creació de documentació UML i dissenys.
Progrés	<i>Establert</i>	-Estudi d'interacció. -Ajustos de codi (sensibilitat), optimització, reestructuració . -Anàlisi d'abast del projecte i estat actual. -Preparació per a la segona fase de producció del projecte. -Esquematzació d'interacció de l'aplicació. -Proves de rendiment i estudi de modes. -Ajust sensibilitat del Pinzell.

Dilluns 9/11/2015		Procés de treball
Hores	5	-Disseny fritzing. -Disseny 3D Maya. -Estructura final del pinzell físic.
Problemes	0	
Progrés	<i>Establert</i>	
Dimarts 10/11/2015		Procés de treball
Hores	6	-Construcció de la portada -Optimització de codi (canvis en els càlculs IMU Smartphone, passa de calcular el draw() a un thread() en bucle infinit).
Problemes	0	
Progrés	<i>Establert</i>	
Dimecres 11/11/2015		Procés de treball
Hores	8	-Desenvolupament de portada (animacions, dissenys, construcció de codi). -Establiment de gir de càmera en eix Z a partir de lectures del sensor IMU Smartphone.
Problemes	0	
Progrés	<i>Establert</i>	
Dijous 12/11/2015		Procés de treball
Hores	4	-Finalització de la portada. -Aplicació d'optimitzacions del sistema. -Actualització de documentació. -Organització de documentació. -Anàlisi del estat actual de l'aplicació.
Problemes	0	
Progrés	<i>Establert</i>	

Divendres 13/11/2015		Procés de treball
Hores	6	-Actualització de documentació.
Problemes	0	-Aplicació de nous modes per app mòbil (interacció).
Progrés	<i>Establert</i>	
Dissabte 14/11/2015		Procés de treball
Hores	7	-Actualització de documentació
Problemes	0	
Progrés	<i>Establert</i>	
Diumenge 15/11/2015		Procés de treball
Hores	4	-Realització de diferents modes (grid, RV, RA).
Problemes	0	-Actualització de documentació.
Progrés	<i>Establert</i>	
Dilluns 16/11/2015		Procés de treball
Hores	4	
Problemes	0	-Millora sistema pinzell (millora precisió, aplicació filtres kalman)
Progrés	<i>Establert</i>	-Millora en el rendiment APP ->reducció detall esfera, els splits passats al setup amb for(;;) infinits



Dimarts 17/11/2015		Procés de treball
Hores	3	-Actualització de documentació.
Problemes	0	
Progrés	<i>Establert</i>	
Dimecres 18/11/2015		Procés de treball
Hores	5	-Actualització de documentació.
Problemes	0	-Milliores en el codi optimització.
Progrés	<i>Establert</i>	
Dijous 19/11/2015		Procés de treball
Hores	6	-Actualització de documentació.
Problemes	0	-Preparació construcció mode línia.
Progrés	<i>Establert</i>	-Correcció d'errors.
Divendres 20/11/2015		Procés de treball
Hores	5	-Inici construcció mode línia.
Problemes	0	
Progrés	<i>Establert</i>	

Dissabte 21/11/2015		Procés de treball
Hores	8	-Milliores mode base línia.
Problemes	0	-Construcció interfície.
Progrés	Establert	
Diumenge 22/11/2015		Procés de treball
Hores	10	-Inici construcció interfície ModeLinea.
Problemes	0	-Construcció interacció interfície i app.
Progrés	Establert	
Dilluns 23/11/2015		Procés de treball
Hores	5	
Problemes	0	-Documentació i construcció de la part gràfica de la interfície.
Progrés	Establert	
Dimarts 24/11/2015		Procés de treball
Hores	8	
Problemes	0	-Construcció de la interfície mode línia i interacció del pinzell
Progrés	Establert	

Dimecres 25/11/2015		Procés de treball
Hores	4	-Correcció d'errors i documentació.
Problemes	0	
Progrés	Establert	
Dijous 26/11/2015		Procés de treball
Hores	4	-Proves i correccions d'errors
Problemes	0	
Progrés	Establert	
Divendres 27/11/2015		Procés de treball
Hores	7	-Realització disseny interfície objecte. -Construcció i plantejament del mode WalkMode->Interactive Mode.
Problemes	0	
Progrés	Establert	
Dissabte 28/11/2015		Procés de treball
Hores	8	-Construcció del mode objecte.
Problemes	0	
Progrés	Establert	

Diumenge 29/11/2015		Procés de treball
Hores	6	-Actualització i documentació.
Problemes	0	
Progrés	Establert	
Dilluns 30/11/2015		Procés de treball
Hores	9	-Documentació i entrega PAC3.
Problemes	0	
Progrés	Establert	

Desembre 1/2015 fins Gener 11/2016		
<b>Dimarts 1/12/2015</b>		<b>Procés de treball</b>
<b>Hores</b>	<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Canvis de disseny aplicació mòbil</li> <li>-Correccions i millora sincronització del sistema (correcció de visualització)</li> </ul>
<b>Problemes</b>	<b>0</b>	
<b>Progrés</b>	<b>Establert</b>	
<b>Dimecres 2/12/2015</b>		<b>Procés de treball</b>
<b>Hores</b>	<b>7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Correccions i optimitzacions de l'aplicació</li> <li>-Correcció del Z-BUFFER i artifacts.</li> </ul>
<b>Problemes</b>	<b>0</b>	
<b>Progrés</b>	<b>Establert</b>	
<b>Dijous 3/12/2015</b>		<b>Procés de treball</b>
<b>Hores</b>	<b>9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Creacions de textures d'objectes.</li> <li>-Modificacions del diari.</li> <li>-Sistema de lectura de arxius Android, SD per llegir fotografies del mòbil.</li> </ul>
<b>Problemes</b>	<b>0</b>	
<b>Progrés</b>	<b>Establert</b>	

Divendres 4/12/2015 fins Dilluns 28/12/2015		Procés de treball
Hores	<i>224</i>	-Finalització del primer prototip.
Problemes	<i>0</i>	-Correcció d'errors i aplicació d'optimitzacions.
Progrés	<i>Establert</i>	-Canvis d'estructura de programació. -Preparació per la entrega final.
Dimarts 29/12/2015 fins Dilluns 11/1/2016		Procés de treball
Hores	<i>112</i>	-Realització de la documentació faltant per al projecte.
Problemes	<i>0</i>	-Realització del vídeo.
Progrés	<i>Establert</i>	-Realització de les presentacions. -Millores en la memòria i altres documents realitzats anteriorment. -Preparació de carpetes i codi a entregar.
<b><i>Final de projecte</i></b>		

## Annex 11. Enllaços a vídeos del projecte

### Enllaç a Youtube



<https://youtu.be/q6T8u9Lyi-I>

## Annex 12: Documents generats per el test usabilitat amb usuaris

### Usuari 1



### Test usabilitat: Autorització

*Prototip interactiu de realitat augmentada i virtual*

#### **Document autorització escrita per a Test usabilitat**

En la lectura i firma d'aquest document, jo JOAN MARTOS amb DNI 39 269883W, autoritzo a que les gravacions de la meva imatge (tant en format fotogràfic i vídeo), gravacions de veu com els i textos/documents generats en la prova durant el desenvolupament del test d'usabilitat del prototip PaintXYZ que inclou aplicació mòbil, interacció real i geolocalització, organitzat els dia 26 del mes NOVEMBRE any 2015, poden servir de base per a la elaboració de diversos materials d'estudi i avaluacions internes, com a la divulgació dels resultats obtinguts.

Firma usuari:

Firma/segell sol·licitant:





## Test usabilitat: Dades personals

Nom: <i>JOAN</i>		Cognoms: <i>MARTOS MART</i>
Edat: <i>64</i>	Professió: <i>MECANICÓ</i>	Sexe: <i>VARON</i>
Nivell actual informàtica: [ Baix - Bàsic - Intermedi - Avançat ]  <i>BAIX</i>		Nivell actual sobre noves tecnologies: [ Baix - Bàsic - Intermedi - Avançat ]  <i>BÀSIC - INTERMEDI</i>
Tens Smartphone?  <i>NO</i>		Has tingut alguna experiència en realitat virtual o augmentada?  <i>NO</i>
T'interessa les noves tecnologies?  <i>SI</i>		Utilitzes molt internet?  <i>NO</i>



## Test usabilitat: Qüestionari

	Gens	Una mica	Molt
Es fàcil d'utilitzar el prototip?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Es fàcil de muntar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El <i>Cardboard</i> t'ha resultat incòmode?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El pinzell físic t'ha resultat incòmode?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El sistema t'ha semblat fluït?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El sistema t'ha semblat intuïtiu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La interfície t'ha semblat clara i entenedora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La interacció amb el pinzell físic t'ha semblat senzilla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La guia d'usuari t'ha sigut útil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A quin nivell creus que has dominat l'aplicació/Pinzell al final del test?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La geolocalització t'ha semblat precisa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creus que és original la proposta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Preguntes obertes

- Que t'ha semblat el sistema?

*BO*

- Que afegiries?

*—*

- Creus que el sistema es precís?

*Si*

- Et sembla interessant el prototip i la idea que aporta?

*Si*

- Creus que comercialment, en 5 o 10 anys tindrem aparells com aquest prototip, tal com avui tenim *smartphones*?

*Si*

## Usuari 2



### Test usabilitat: Autorització

*Prototip interactiu de realitat augmentada i virtual*

#### **Document autorització escrita per a Test usabilitat**

En la lectura i firma d'aquest document, jo PILAR amb DNI 39147850W autoritzo a que les gravacions de la meua imatge (tant en format fotogràfic i vídeo), gravacions de veu com els i textos/documents generats en la prova durant el desenvolupament del test d'usabilitat del prototip PaintXYZ que inclou aplicació mòbil, interacció real i geolocalització, organitzat els dia 26 del mes 12-2015 any 2015, poden servir de base per a la elaboració de diversos materials d'estudi i avaluacions internes, com a la divulgació dels resultats obtinguts.

Firma usuari:

Firma/segell sol·licitant:



## Test usabilitat: Dades personals

Nom: PILAR		Cognoms: GOMEZ RODRIGUEZ	
Edat: 38	Professió: DEPENDIENTA	Sexe:	
Nivell actual informàtica: [ Baix - Bàsic - Intermedi - Avançat ] - BAIX-		Nivell actual sobre noves tecnologies: [ Baix - Bàsic - Intermedi - Avançat ] BAIX	
Tens Smartphone? SI		Has tingut alguna experiència en realitat virtual o augmentada? NO	
T'interessa les noves tecnologies? SI		Utilitzes molt internet? SI	



## Test usabilitat: Qüestionari

	Gens	Una mica	Molt
Es fàcil d'utilitzar el prototip?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Es fàcil de muntar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El <i>Cardboard</i> t'ha resultat incòmode?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El pinzell físic t'ha resultat incòmode?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El sistema t'ha semblat fluït?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El sistema t'ha semblat intuïtiu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La interfície t'ha semblat clara i entenedora?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La interacció amb el pinzell físic t'ha semblat senzilla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La guia d'usuari t'ha sigut útil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A quin nivell creus que has dominat l'aplicació/Pinzell al final del test?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
La geolocalització t'ha semblat precisa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Creus que és original la proposta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Preguntes obertes

- Que t'ha semblat el sistema?

Muy intuitivo

- Que afegiries?

—

- Creus que el sistema es precís?

Si

- Et sembla interessant el prototip i la idea que aporta?

Si

- Creus que comercialment, en 5 o 10 anys tindrem aparells com aquest prototip, tal com avui tenim *smartphones*?

ES MUY POSIBLE



## Test usabilitat: Autorització

*Prototip interactiu de realitat augmentada i virtual*

### **Document autorització escrita per a Test usabilitat**

En la lectura i firma d'aquest document, jo JORDI PEREÀ amb DNI 77533480Y, autoritzo a que les gravacions de la meua imatge (tant en format fotogràfic i vídeo), gravacions de veu com els i textos/documents generats en la prova durant el desenvolupament del test d'usabilitat del prototip PaintXYZ que inclou aplicació mòbil, interacció real i geolocalització, organitzat els dia 27 del mes DECEMBRE any 2015, poden servir de base per a la elaboració de diversos materials d'estudi i avaluacions internes, com a la divulgació dels resultats obtinguts.

Firma usuari:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and strokes.

Firma/segell sol·licitant:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and strokes.





## Test usabilitat: Dades personals

<b>Nom:</b> JORDI		<b>Cognoms:</b> PEREA.	
<b>Edat:</b> 37	<b>Professió:</b> TECNICO PRL	<b>Sexe:</b> H	
<b>Nivell actual informàtica:</b> [ Baix - Bàsic - Intermedi - Avançat ]  INTERMEDI		<b>Nivell actual sobre noves tecnologies:</b> [ Baix - Bàsic - Intermedi - Avançat ]  INTERMEDI	
<b>Tens Smartphone?</b> SÍ		<b>Saps o has tingut alguna experiència en realitat virtual o augmentada?</b> NO	
<b>T'interessa les noves tecnologies?</b>  NO TENGO MUCHO INTERES		<b>Utilitzes molt internet?</b>  DIARIAMENTÈ.	



## Test usabilitat: Qüestionari

	Gens	Una mica	Molt
Es fàcil d'utilitzar el prototip?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Es fàcil de muntar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
El <i>Cardboard</i> t'ha resultat incòmode?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El pinzell físic t'ha resultat incòmode?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El sistema t'ha semblat fluït?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
El sistema t'ha semblat intuïtiu?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La interfície t'ha semblat clara i entenedora?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La interacció amb el pinzell físic t'ha semblat senzilla?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La guia d'usuari t'ha sigut útil	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A quin nivell creus que has dominat l'aplicació/Pinzell al final del test?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La geolocalització t'ha semblat precisa?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creus que és original la proposta?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Preguntas abiertas

- Que t'ha semblat el sistema?

INTERESANTE, CON POTENCIAL PARA SER APLICADO EN DIFERENTES TIPOS DE CAMPOS.

- Que afegiries?

MUSICA O SISTEMAS DE VOZ.

- Creus que el sistema es precís?

EN GENERAL SÍ.

- Et sembla interessant el prototip i la idea que aporta?

SÍ BASTANTE.

- Creus que comercialment, en 5 o 10 anys tindrem aparells com aquest prototip, tal com avui tenim *smartphones*?

SÍ, YA QUE TIENE MUCHAS POSIBILIDADES y VERSATILIDAD PARA SER APLICADO EN DIFERENTES CAMPOS COMO PUEDE SER EL VIDEOJUEGO, INTERIORISME, URBANISMO, DEPORTE, ETC.

## Annex 13: Creació del vídeo presentació

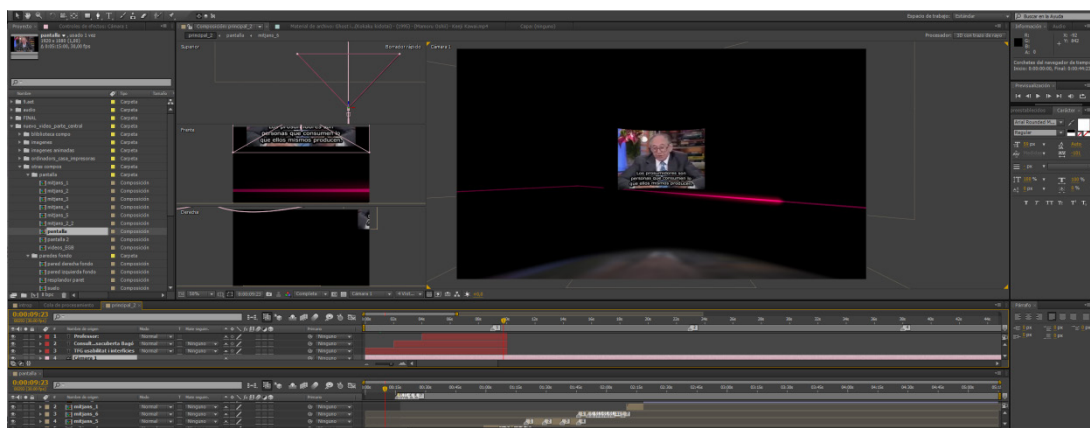
Abans de realitzar el vídeo, vaig crear diferents storyboards per a seleccionar la idea que més m'agradava. Una vegada realitzat aquesta part, vaig procedir a realitzar el guió adaptant el storyboard seleccionat. Per últim, vaig realitzar les gravacions de veu, cercar àudio amb els drets d'autor adequats per poder ser utilitzats en el meu vídeo i les imatges per a les animacions.

L'àudio està extret de [Epidemic Sound](#), dels quals tinc llicència per al seu ús en treballs i altres produccions, per a tota la música de la seva biblioteca.

### Imatge i vídeo

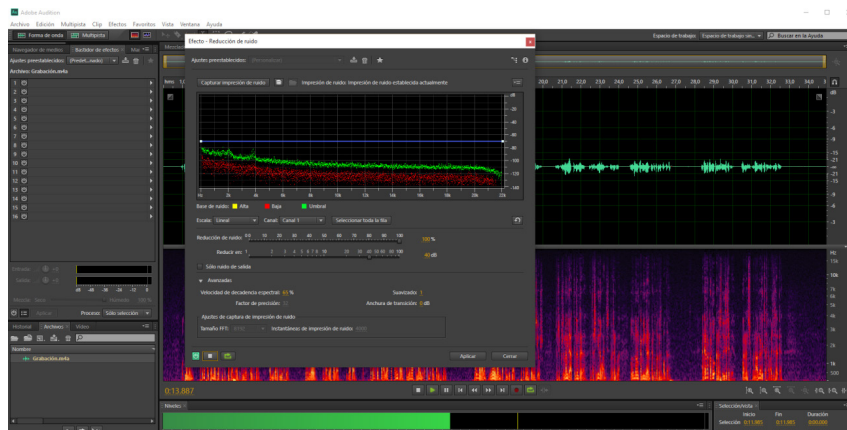
Per a la creació del vídeo, he realitzat un seguit d'efectes i animacions amb After effects, com a resultat final la vídeo presentació entregada. Els efectes realitzats han sigut diversos:

- Creació d'entorns 3D i mascarees de transparència.
- Utilització d'expressions, per a programar animacions en la línia del temps.
- Realització d'animacions amb referència, mitjançant l'eina posició lliure.
- Utilització de l'edició de gràfiques, per a realitzar animacions suaus.
- Utilització d'objectes *nulls* per a la realització d'animacions enllaçades.
- Sincronització amb audio.
- Realització de diferents efectes para a textos i objectes.

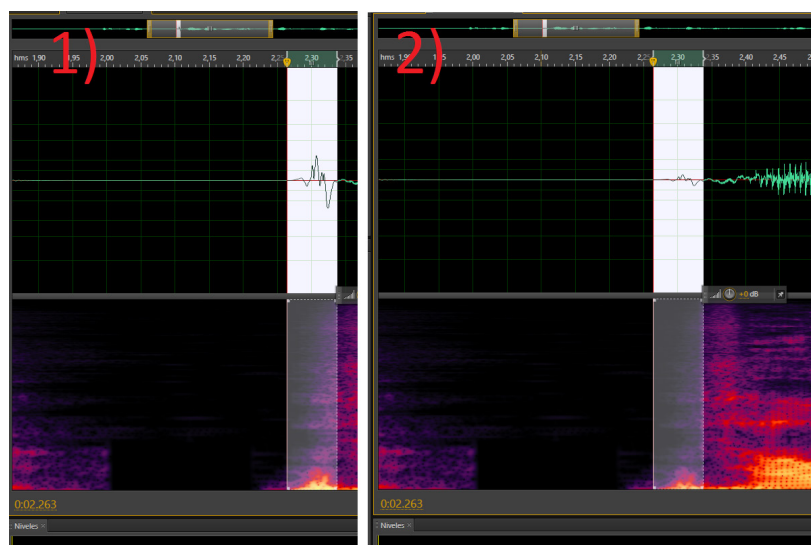


## Àudio

Per al tractament d'àudio, he aplicat un seguit d'efectes mitjançant Audition i Audacity per a millorar la qualitat final del vídeo. En les gravacions originals, el so tenia soroll de fons que era una mica molest. Per solucionar això vaig utilitzar l'eina Adobe Audition per a eliminar el soroll de fons.

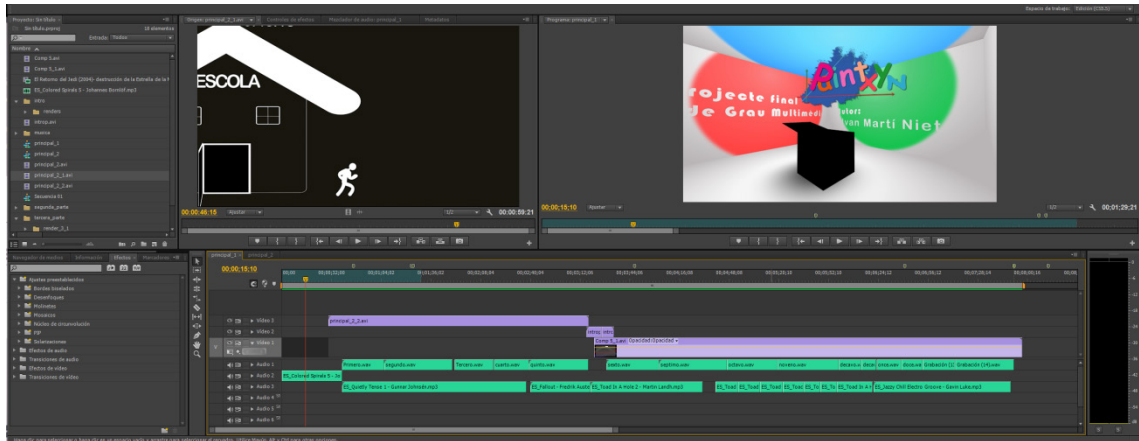


També he realitzat modificacions manuals de reducció de soroll no desitjats, com ara el solapament de la respiració sobre el micròfon



## Acoblament i sincronització final

En la postproducció final, vaig utilitzar Adobe Premiere per a la sincronització d'àudio i l'aplicació d'alguns efectes finals.



## Annex 14: Bibliografia

### Documents/PDF

Springer Science+Business Media, LLC 2010. *Acceleration Kinematics* [EN][PDF][en línea] Disponible en [http://www.d.umn.edu/~rlindek1/ME4135\\_11/ch\\_10.pdf](http://www.d.umn.edu/~rlindek1/ME4135_11/ch_10.pdf) p 1-26.

CH-Robotics Products. *Estimating Velocity and Position Using Accelerometers* [EN][PDF][en línea] Disponible en <https://www.pololu.com/file/0J587/AN-1007-EstimatingVelocityAndPositionUsingAccelerometers.pdf> p 1-8.

Mobile Processing Conference at UIC. *Interacting with real 3D using mobile devices* [EN][PDF][en línea] Disponible en <http://interfaze.info/files/real3d/Real3D-slides.pdf> p 1-19.

Data sheet. *BMA250 Digital, triaxial acceleration sensor* [EN][PDF][en línea] Disponible en <https://ae-bst.resource.bosch.com/media/products/dokumente/bma250/bst-bma250-ds002-05.pdf> p 1-13, 17-25, 27-35, 54-74.

### Vídeos

Youtube. *¿Por qué me vigilan, si no soy nadie?* [ES][en línea][Duració: 9:32] Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=NPE7i8wuupk&feature=youtu.be> [data de consulta: 10/10/2015]

Youtube. *SteamVR Photogrammetry Demos on HTC Vive* [EN][en línea][Duració: 3:01] Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=gGbLkKwZCgY> [data de consulta: 27/9/2015]

Youtube. *Sensor Fusion on Android Devices: A Revolution in Motion Processing* [EN][en línea][Duració: 46:27] Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=C7JQ7Rpwn2k> [data de consulta: 27/9/2015]

### Articles

WEREABLE. *Explained: How does VR actually work?* [EN][en línea] Disponible en <http://www.wearable.com/vr/how-does-vr-work-explained> [data de consulta: 4/11/2015]

WAREABLE. *HTC Vive: Everything you need to know about the new Steam VR headset* [EN][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm> <http://www.wearable.com/vr/htc-vive-vr-headset-release-date-price-specs-7929> [data de consulta: 17/10/2015]

El androide libre. *Chrome para Android se prepara para el Internet de las cosas*[ES][en línea] Disponible en <http://www.elandroidelibre.com/2015/11/chrome-para-android-se-prepara-para-el-internet-de-las-cosas.html> [data de consulta: 22/11/2015]

Xataka. *Las cinco tecnologías de moda que se debaten entre cambiar el mundo y quedarse en humo* [ES][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/moviles/estan-ensenando-a-nuestros-telefonos-a-pensar-como-coches-autonomos> [data de consulta: 30/09/2015]

Xataka. *¿Y si los smartpogones fueran el cerebro perfecto para los coches autónomos ?* [ES][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/moviles/estan-ensenando-a-nuestros-telefonos-a-pensar-como-coches-autonomos> [data de consulta: 09/12/2015]

Xataka. *IBM ya tiene listos los procesadores más potentes conocidos gracias a su litografía de 7 nm* [ES][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm> [data de consulta: 17/10/2015]

Xataka. *Los acelerómetros de tu móvil pueden medir el ritmo cardíaco y la respiración sin tocarlo* [ES][en línea] Disponible en <http://www.xatakamovil.com/movil-y-sociedad/los-acelerometros-de-tu-movil-pueden-medir-el-ritmo-cardiaco-y-la-respiracion-sin-tocarte> [data de consulta: 12/11/2015]

Xataka. *Un robot y el sistema solar son los protagonistas del nuevo vídeo de Magic Leap* [ES][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/realidad-virtual-aumentada/un-robot-y-el-sistema-solar-son-los-protagonistas-del-nuevo-video-de-magic-leap> [data de consulta: 22/10/2015]

Xataka. *¿Dibujar en realidad virtual? el animador de Disney Glen Keane se atreve con ello* [ES][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/otros/el-animador-de-disney-glen-keane-nos-dibuja-a-la-sirenita-en-realidad-virtual> [data de consulta: 17/10/2015]

IEEE SPECTRUM. *Interactive: The Top Programming Languages 2015* [EN][en línea] Disponible en <http://spectrum.ieee.org/static/interactive-the-top-programming-languages-2015#index/2015/1/1/1/1/1/50/1/50/1/30/1/30/1/30/1/20/1/20/1/5/1/5/1/20/1/100/> [data de consulta: 12/11/2015]

MIT News. *Making 3-D imaging 1.000 times better* [EN][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm>  
<http://news.mit.edu/2015/algorithms-boost-3-d-imaging-resolution-1000-times-1201>  
[data de consulta: 01/12/2015]

Noticias3D. *Volvo utilizará las Hololens para mostrar las capacidades de sus vehículos* [ES][en línea] Disponible en <http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes->



[conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm](#)

<http://www.noticias3d.com/noticia.asp?idnoticia=66443> [data de consulta: 22/11/2015]

Meristation. *La realidad virtual va a ser un éxito* [ES][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm>  
<http://www.meristation.com/pc/noticias/la-realidad-virtual-va-a-ser-un-exito/58/2096578> [data de consulta: 23/11/2015]

## GitHub/Tutorials/Blogs

GitHub. *Processing-Android* [EN][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm> <https://github.com/processing/processing-android/wiki#Download>

GitHub. *Affordable 0 DoF Sensor Fusion* [EN][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm>  
<https://github.com/kriswiner/MPU-6050/wiki/Affordable-9-DoF-Sensor-Fusion>

Android developers. *Guías de la API* [EN][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm>  
[http://developer.android.com/intl/es/guide/topics/sensors/sensors\\_motion.html](http://developer.android.com/intl/es/guide/topics/sensors/sensors_motion.html)

Arduino. *Getting Started with the Arduino Yún* [EN][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm>  
<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoYun#toc17>

**Blog:** Pieter-Jan. *Getting the angular position from gyroscope data* [EN][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm>  
<http://www.pieter-jan.com/node/7>

Starlino. *A Guide to using IMU (Accelerometer and Gyroscope Devices) in Embedded Applications* [EN][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm> [http://www.starlino.com/imu\\_guide.html](http://www.starlino.com/imu_guide.html)

CHRobotics. *Using Accelerometers to Estimate Position and Velocity* [EN][en línea] Disponible en <E:\UOC\TFG\Disponible en http:\www.xataka.com\componentes\ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm>  
<http://www.chrobotics.com/library/accel-position-velocity>

TKJ Electronic. *A practical approach to Kalman filter and how to implement it* [EN][en línea] Disponible en [E:\UOC\TFG\Disponible en http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm](http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm)  
<http://blog.tkjelectronics.dk/2012/09/a-practical-approach-to-kalman-filter-and-how-to-implement-it/>

5Hertz electronica . *ABC del acelerometro* [ES][en línea] Disponible en [E:\UOC\TFG\Disponible en http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm](http://www.xataka.com/componentes/ibm-ya-tiene-listos-los-procesadores-mas-potentes-conocidos-gracias-a-su-litografia-de-7-nm)  
<http://5hertz.com/tutoriales/?p=228>

## Annex 15: Vita

Des de petit m'han apassionat les noves tecnologies. No entenia com funcionaven i sempre intentava comprendre tot allò que em rodejava. Tot va començar amb el **Amstrad CPC 464** que em van regalar quan tenia 8 anys. Degut a una enfermetat, la meva visió no era massa bona però això no m'impedia realitzar els meus petits programes i cursar el meu primer hack en aquell rudimentari sistema operatiu **BASIC**.

Als 14 anys, vaig realitzar la meva primera LAN party en **Windows 95** mitjançant targetes ethernet i amb ordinadors que el meu col·legi anava a tirar, va ser una de les millors experiències motivadores.

Després de superar moltes operacions importants que em van canviar la vida i em van fer perdre uns 7 anys d'estudis, finalment vaig aconseguir finalitzar el Batxiller i endinsar-me en el que realment m'interessava. En el 2008 vaig cursar el **Grau superior Administrador de Sistemes Informàtics**, després de finalitzar en 2010 vaig realitzar el **Grau Superior Desenvolupament Aplicacions Informàtiques** finalitzat en 2011, en tots dos casos com un dels millors alumnes dels graus. Durant aquest període vaig estar treballant en el **Consell Comarcal de Reus** com a administrador de sistemes i dos anys després en **Aruma Digital** com a dissenyador i programador.

Gracies al cursar el Grau Multimèdia, em vaig marcar una nova meta, investigar sobre les noves tecnologies de realitat virtual i augmentada, tecnologies que segurament canviaran la nostra forma de veure l'entorn que ens rodeja i la societat tal com la coneixem.