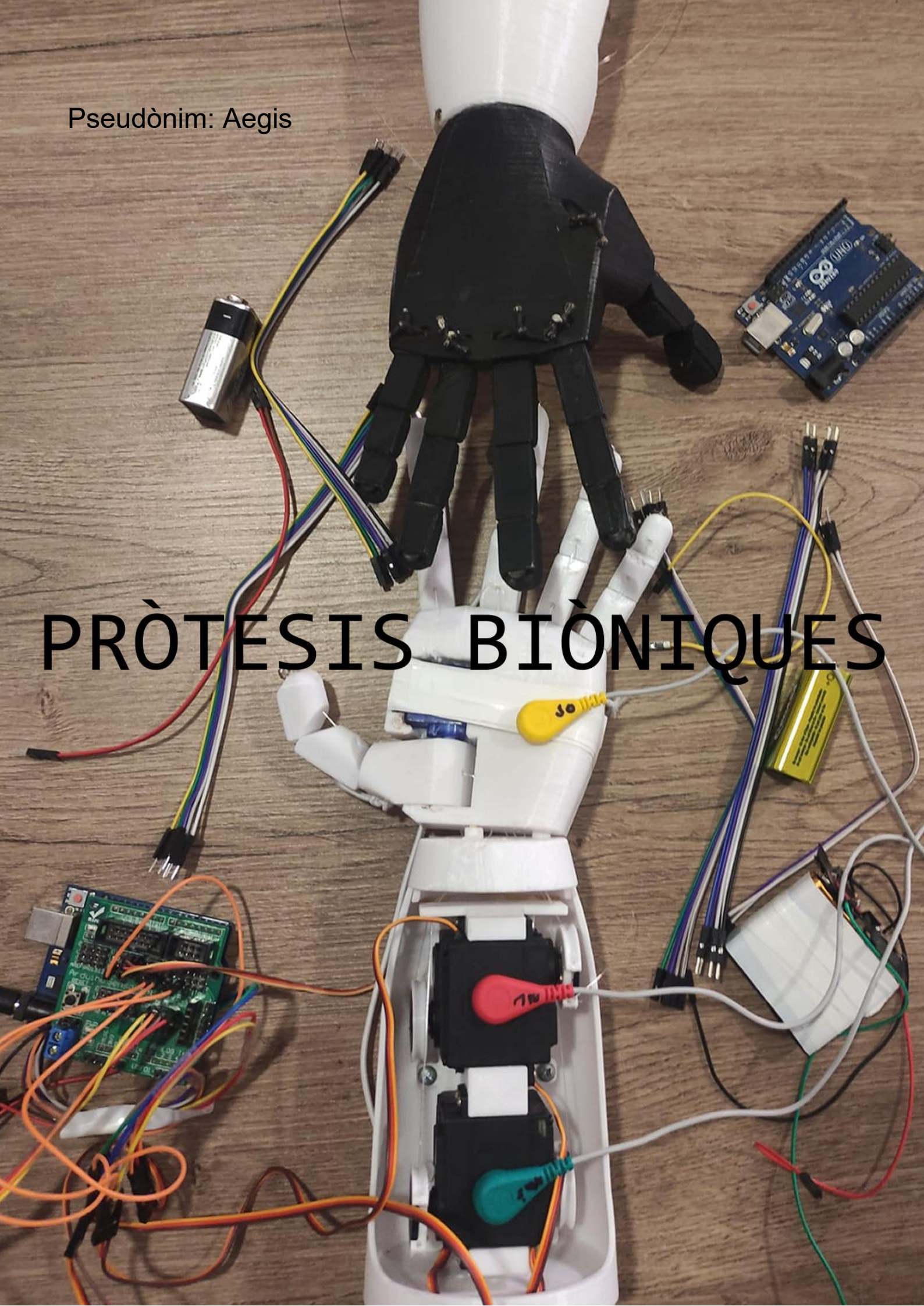


Pseudònim: Aegis

PRÒTESIS BIÒNIQUES



— Resum —

El meu treball de recerca tracta el procés de creació i mecanització de dues pròtesis biòniques per a l'avantbraç (prototip i versió final) construïdes amb una impressora 3D i programades amb el llenguatge de programació Arduino, explicaré com funciona cada mòdul i comentaré el procés de modelatge i muntatge del projecte final, d'altra banda, s'analitzarà el codi del programa que controlarà les pròtesis i s'explicarà com actua cada funció del programa. Per al tancament he volgut triar a parlar sobre el futur de la biònica i l'ètica dins d'aquesta, és a dir si cap dia les pròtesis arribaran a superar les nostres parts humanes naturals i quin seria l'impacte sobre la societat si això arribés a passar.

— Resumen —

Mi trabajo de investigación trata el proceso de creación y mecanización de dos prótesis biónicas para el antebrazo (prototipo y versión final) construidas con una impresora 3D y programadas con el lenguaje de programación Arduino, explicaré cómo funciona cada módulo y comentaré el proceso de modelado y montaje del proyecto final, Por otra parte, se analizará el código del programa que controlará las prótesis y se explicará cómo actúa cada función del programa. A modo de cierre he querido elegir hablar sobre el futuro de la biónica y la ética dentro de ésta, es decir si algún día las prótesis llegarán a superar a nuestras partes humanas naturales y cuál sería el impacto sobre la sociedad si esto llegara a pasar.

— Abstract —

My research work deals with the process of creating two bionic prostheses for the forearm (prototype and final version), both of them built with a 3D printer and programmed with the Arduino programming language, I will explain how each module works and I will talk about the modeling and assembly process of the final project, therefore I will also talk about the improvements that the final model presents in comparison to the first prototype. On the other hand, I will analyze the program's code, which controls the prostheses and I will explain each code function. To close the project, I have chosen to talk about the future of bionics and the ethics within it, that is, if one day prostheses will surpass our natural human limbs and what would be the impact on society if that were to happen.

— Índex —

1. INTRODUCCIÓ	2
2. PROCÉS DE CREACIÓ.....	3
2.1 CONDICIONS DEL DISSENY	3
2.2 SOFTWARE, DISSENY, FABRICACIÓ I MUNTATGE DE LES PECES.....	4
3. MECANITZACIÓ:.....	7
3.1. MÒDULS:	7
3.1.1 SERVOMOTORS:	8
3.1.2 SENSOR BLUETOOTH	9
3.1.3 SENSOR MIOELÈCTRIC	10
3.1.4 PLACA DE CONTROL ARDUINO	11
3.1.5 ARDUINO “SENSOR SHIELD”	11
4. CODIS I APLICACIÓ DE CONTROL	12
4.1 CODI DEL PROGRAMA DE LA MÀ	12
4.1.1. “LIBRARIES”	13
4.1.2. “DECLARE VARIABLES”	14
4.1.3. “VOID SETUP”	15
4.1.4. “VOID LOOP” i “BLUETOOTH”	16
4.2 MIT APP INVENTOR	18
4.3 APLICACIÓ DE CONTROL	19
4.3.1 CODI DE L'APLICACIÓ DE CONTROL	20
4.3.2 VISUALITZACIÓ DE L'APLICACIÓ DE CONTROL	23
4.4 PROGRAMA DE LA PRÒTESI MIOELÈCTRICA	24
5. PROBLEMES DE REALITZACIÓ I SOLUCIONS	26
6. LA BIÒNICA.....	27
6.1 BIÒNICA: HISTÒRIA.....	27
6.2 PRÒTESIS: HISTÒRIA	31
6.3 PRÒTESIS: ÈTICA.....	32
7. AGRAÏMENTS:	33
8. CONCLUSIONS	33
9. REFERÈNCIES	35
9.1 BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA.....	35
9.2 IMATGES.....	36
10. ANNEXOS	38
10.1 PLANS DE TREBALL.....	38
10.2 CODIS	39
10.3 CONTINGUT EXTRA	44

1. INTRODUCCIÓ

He triat aquest projecte com a treball de recerca, ja que actualment, curso un batxillerat científic i sempre he sentit curiositat per l'àmbit de la salut i el cos humà, d'aquesta manera, el meu treball desenvolupa un projecte multidisciplinari en el qual no només es necessiten coneixements sobre anatomia i proporcions humanes sinó que a més es necessiten qualitats de l'àmbit tecnològic com per exemple la programació i la mecanització, també involucra habilitats de disseny, com dissenyar el model digital de la pròtesi en 3 dimensions. També m'assembla un projecte excel·lent, ja que vull estudiar una enginyeria biomèdica/biònica perquè em vull dedicar a la creació de pròtesis biòniques i d'aquesta manera poder de veritat ajudar la gent que ho necessita.

A part dels motius de caràcter oficial o acadèmic sempre he sigut un gran fanàtic de la ciència-ficció i trobo que un projecte com aquest m'apropa a tot allò que veiem a les pel·lícules i als videojocs, concretament, aquests últims van despertar la meua il·lusió per les pròtesis, el meu primer contacte amb les pròtesis va ser amb una de les meves sagues de videojocs preferides "Metal Gear Solid" un joc d'espionatge i guerra en què molts personatges acaben ferits i poden tornar a viure en bones condicions gràcies a les pròtesis i la biotecnologia, també em va influenciar bastant la pel·lícula "Ghost in the shell", que em va fer pensar en les limitacions del cos humà i fins a quin punt es ètic modificar-lo amb la tecnologia.

Jugar aquests jocs i veure aquestes pel·lícules em va portar a pensar que els videojocs ens poden portar a entendre que la biònica no significa només la cura per a una persona que hagi nascut amb cap malformació o hagi patit cap accident sinó que representa un nou inici per a la persona, és un nou estil de vida i un nou principi estètic amb visió a futur.

Opino que la biònica representa un salt, una nova via a l'evolució humana, no només la substitució sinó la millora dels nostres òrgans, la millora del nostre cos, la possibilitat de millorar les capacitats de l'ésser humà, amb pròtesis de materials més resistents que el nostre cos, més lleugers, més potents com són per exemple els exoesquelets, però aquest, és clar, és només el meu punt de vista.

2. **PROCÉS DE CREACIÓ**

El Disseny de la mà robòtica 1 (creat per l'usuari "grossrc"¹ a thingiverse)¹ ha estat extret d'internet i es dona crèdit a l'autor als annexos, encara i així he modificat la idea i el funcionament per a adaptar-lo a un comandament Bluetooth que es farà servir des del mòbil de l'usuari.

El Disseny de la mà robòtica 2 és un disseny propi que barreja diferents idees de mans robòtiques que he vist al llarg de la meua vida simplement m'assembla un disseny estètic, i convenient per diversos motius mecànics, funciona amb un acoblament mioelèctric que permet obrir i tancar la mà a voluntat.

2.1 **CONDICIONS DEL DISSENY**

El Disseny de la mà robòtica 2 està pensat per a complir 3 condicions fonamentals: comoditat, funcionalitat i estètica.

- **Comoditat:** és imprescindible que la pròtesi sigui còmoda a l'hora de vestir-la, el simple fet de ser un producte ortopèdic ja implica una comoditat limitada, això fa que, si no tenim en compte la comoditat de la persona, es pot acabar creant un producte incòmode i inclòs perjudicial per a la pell, doncs la pròtesi en qüestió està feta de plàstic i si no es tracta bé, el plàstic pot produir irritacions a la pell, sobretot si la pell s'exposa a un fregament continu amb el plàstic.
- **Funcionalitat:** és la principal característica de la pròtesi biònica, permet fer servir una part del cos creada artificialment, si l'extremitat artificial és completament inutilitzable i no pot almenys complir les funcions bàsiques de l'extremitat que substitueix perd per complet la seva utilitat i es torna un simple detall estètic, un cas així dins de la biònica es tornaria un fracàs, ja que no permet recuperar la mobilitat perduda.
- **Estètica:** des del moment en què es fabrica la pròtesi es torna un objecte quotidià, que es farà servir en multitud d'ocasions i que depenent del tipus de roba que es porti quedarà exposada a la vista, evidentment, igual que no ens

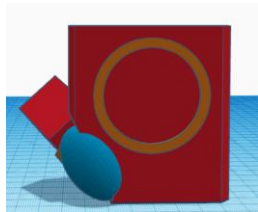
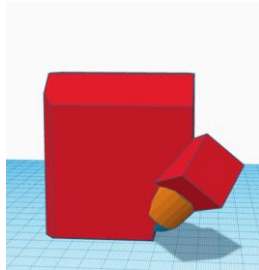
¹ Crèdit a l'autor: <https://www.thingiverse.com/grossrc/designs>

agrada que la gent ens vegi vestits de mala manera tampoc ens agradaria que la pròtesi que poguéssim portar fos desagradable a la vista, tant per a nosaltres com per a aquells qui la veuen, d'aquesta manera, la pròtesi també es torna part de l'estètica habitual del seu portador.

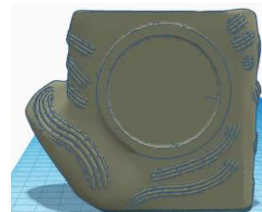
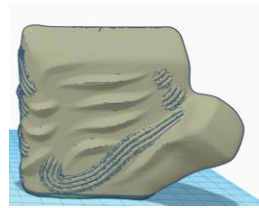
2.2 SOFTWARE, DISSENY, FABRICACIÓ I MUNTATGE DE LES PECES

Les peces que conformen la pròtesi biònica d'aquest projecte han estat dissenyades fent servir Tinkercad² i Zbrush³, el procés és el següent:

Primer de tot es crea un esquelet geomètric que servirà de base per a les modificacions que rebrà al programa Zbrush, mentre que Tinkercad és una eina de disseny 3D en línia i que permet crear dissenys bàsics amb prismes tridimensionals simples, Zbrush és una eina professional que permet afegir molts detalls als models 3D i modificar-los amb una gran precisió.



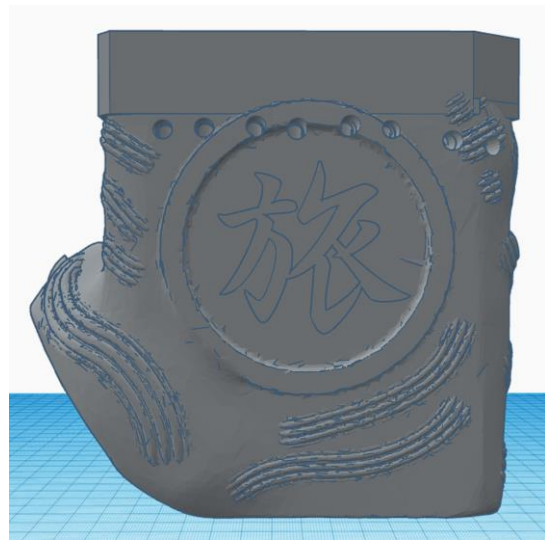
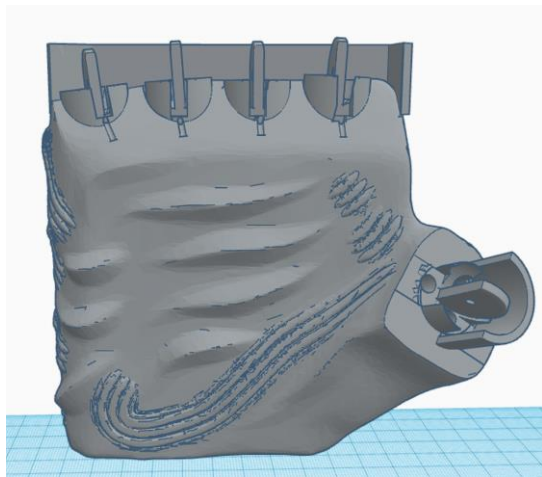
Base abans del tractament a zbrush



Base després del tractament amb zbrush

² Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/>

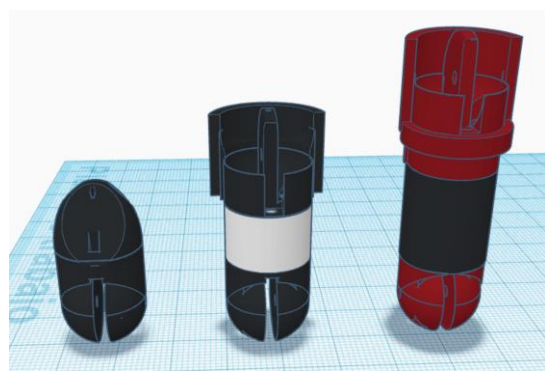
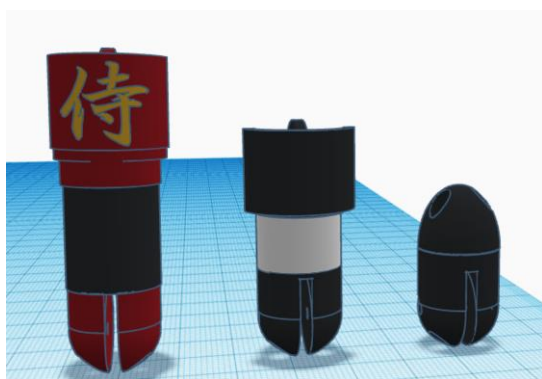
³ ZBrush: <https://www.maxon.net/es/zbrush>



Disseny definitiu del palmell de la mà amb ròtules integrades

Així doncs, es crea una estructura molt bàsica amb Tinkercad a base de cubs, cilindres i esferes majoritàriament i després s'afegeixen retocs amb Zbrush, en el meu cas, el relleu de la palma de la mà robòtica l'he fet amb les funcions “pinch”, “scribe standard” i “rake” de Zbrush, també he utilitzat la funció “dyna mesh” una funció que permet actualitzar constantment la malla de triangles del projecte i, per tant, dotar d'un altíssim grau de detall al model 3D.

Els dits els he fet a força d'apilar, tallar i buidar peces a Tinkercad, estan compostos per tres peces, cadascuna té una ròtula que encaixa amb l'anterior i una protuberància que actua com a límit perquè els dits no es dobleguin cap enrere, les peces del dit es munten la més petita sobre l'anterior i el seu aspecte seria el següent.



Es pot apreciar que tant a la palma de la mà com als dits hi ha representats kanjis japonesos, no tenen cap significat personal, simplement soc bastant friqui i els trobo bastant estètics, com ja he dit, un dels meus objectius era estetitzar molt la pròtesi, de forma que es pogués concebre, en certa manera com un accessori estètic a part de l'eina que és.

Per a fabricar les peces de les pròtesis he fet servir la meva pròpia impressora 3D FDM, el meu model és una “Anycubic Predator” el funcionament de la impressora 3D FDM és bastant simple, fonamentalment, és composta per una bobina de fil plàstic, un extrusor, un fusor, el cos de la impressora (normalment de metall), un llit escalfant i els motors dels eixos (si és un model cartesià, els eixos X i Y funcionen amb barres rotatòries, si és un model delta, com es el meu cas, funcionen amb corretges).



L'extrusor estira el fil de la bobina i l'empeny cap al fusor a través d'una guia de plàstic, el fusor, que es pot elevar a temperatures bastant altes (en dependència del material, entre 200 °C i 260 °C) el fusor expulsa el fil calent mentre els eixos es mouen i fa una forma capa per capa, d'aquesta manera es poden crear moltíssimes formes amb una impressora 3D, a condició que es disposi d'un model 3D vàlid que es pugui processar a un slicer, els slicers són programes que adapten el model 3D a la impressora, creen suports per al model entre altres funcions que permeten alterar el comportament de la impressora quan imprimeix al llegir l'arxiu, són bàsicament les ordres que la impressora segueix a l'hora d'imprimir; en el meu cas, faig servir l'slicer CURA, que usa l'extensió .gcode per a aquests arxius modificats.

Anycubic Predator, la meva impressora

El muntatge de les peces és relativament senzill, disposem de 5 peces que imiten el tou del dit o bé la falange distal, 5 peces que imiten la falange medial i 4 peces que imiten la falange proximal, hom pot destacar que la falange medial del dit polze és diferent i no hi ha falange proximal del dit polze, ja que aquesta es troba integrada al palmell de la mà en una disposició de 45° aproximadament, pels forats exteriors de totes les peces passarem un cordill elàstic en forma de U invertida, de forma que la corba quedi a l'extrem superior dels dits, ens assegurarem que aquest cordill estigui molt ben tensat, ja que és la part de la pròtesi que tornarà els dits a la seva posició natural, després passarem fil de pescar o fil d'un diàmetre similar des de la punta del dit fins a la punta del servo, d'aquesta manera, en funció de l'angle al qual es mogui el servo, el dit es tancarà més o menys.

Els dits disposen d'encaixos circulars amb un eix enmig, que simulen l'articulació del dit de forma que els dits són completament articulats.

3. MECANITZACIÓ:

Com s'esmenta a l'apartat anterior, el funcionament dels dits de la mà funciona amb un sistema de politges que combaten la força de tensió generada pel fil flexible, que actua com a tensor del dit, si la força generada pel motor supera la força de tensió, el dit es mourà cap a baix si no no passarà res, de qualsevol manera, la tensió creada pel fil tensor és la suficient per a mantenir junts els dits, per tant, es tracta d'una força mínima que el servomotor pot superar molt fàcilment, el servomotor actua quan rep el senyal del Bluetooth en el cas del prototip Bluetooth i quan rep el senyal mioelèctric en el cas del sensor mioelèctric; a continuació s'esmenten tots els mòduls utilitzats i les seves característiques, especificacions i funcions.

3.1. MÒDULS:

Els mòduls d'Arduino són extensions de la placa que funcionen segons les ordres del programa que nosaltres hem donat a la placa, cada mòdul té funcions diferents, i en funció de les necessitats del nostre projecte farem servir uns o altres. Per a aquest projecte, he emprat els següents mòduls: vuit servomotors (quatre per a cada mà), un mòdul Bluetooth, un sensor mioelèctric, una placa base Arduino i una Arduino power shield.

3.1.1 SERVOMOTORS:

Els servomotors utilitzats en aquest projecte són els Models **MG995** i **MG996R**, la diferència entre models és una petita actualització en la placa base impresa i en la seva resistència als impactes, fent que els motors MG996R siguin superiors als MG995, els models MG996R també són més precisos, però realment no afecta gaire la qualitat del projecte. Tot i ser un model superior a l'altre, els dos models tenen preus molt similars i que siguin més cars o més barats generalment depèn del venedor.



Servo MG996R
(Figura 1)

Característiques:

aquests motors funcionen amb un voltatge entre **4,8 V i 6 V**, les seves dimensions són de **40,7 x 42,9 x 19,7** mm , poden aixecar fins a **15 kg per centímetre** a màxim voltatge, però no és recomanable, ja que força massa el motor i es pot trencar.

Les lletres MG indiquen el tipus d'engranatge, en aquest cas és MG de l'anglès "Metal Gear", per tant, els engranatges són de metall i, en conseqüència, més resistent que els de plàstic (PG. De l'anglès "plastic gear"). Els motors van tenir un cost d'entre 10 i 15 euros per unitat depenent del venedor o el fabricant (8 en total).

La funció dels motors és actuar junt amb el fil flexible i el fil de pescar com si els motors fossin els músculs tensors dels dits i els fils de pescar fossin els tendons, de forma que l'acció dels motors i el fil de pescar contrain els dits i la tensió generada pel fil flexible els estira.

També he fet servir un **micro servo SG90** per al polze oposable de la mà amb funció Bluetooth, aquest servomotor no depèn de cap fil, ja que simplement orienta la direcció del polze; el seu rang de funcionalitat es troba entre els 90° i 180°. Té un preu d'entre 7 i 10 euros.



Micro servo SG90
(Figura 1.2)

3.1.2 *SENSOR BLUETOOTH*

El sensor Bluetooth utilitzat en aquest projecte és el model HC-05, que actua únicament com a “slave” i, per tant, no emet ordres, però sí que les pot rebre.

Les ordres rebudes per Bluetooth, després són transmeses a la placa d'Arduino.



Sensor BT (Figura 2)

Característiques:

Aquest mòdul treballa amb un voltatge de **5V**, no és molt gran, ja que ocupa un espai de **10,2 x 6 x 1,9** centímetres i el seu radi d'acció sol ser d'uns 10 metres, distància molt més que suficient per al rendiment del projecte

El seu cost sol ser d'uns **10 euros**, encara que, com sempre, el preu depèn del fabricant i de la qualitat del producte.

He programat aquest mòdul per a rebre els senyals numèrics que li envia l'aplicació de mòbil que també jo he programat, de manera que quan el mòbil envia un senyal determinat el mòdul Bluetooth tradueix aquest senyal a la placa i activa un seguit d'ordres que els altres mòduls compliran, aquest mòdul treballa a 9600 bauds com es comú a molts projectes d'arduino.

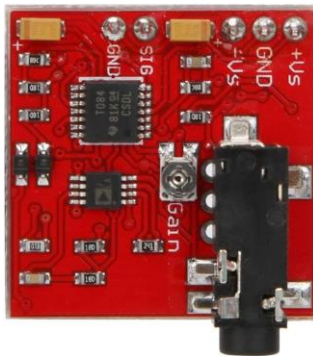
Podria dir-se que amb el mòbil, la placa i el cablejat, se substitueix el sistema nerviós, on el cervell seria el mòbil, la placa i el mòdul Bluetooth serien l'espina dorsal, i el cablejat, la resta de nervis.

“**Master**” o bé “**slave**” són els noms que reben els mòduls Bluetooth segons la seva configuració i funció, els Bluetooth “master” (traduït de l'anglès, mestre) es un dispositiu Bluetooth amb capacitat per a enviar i rebre dades de fins a 7 dispositius diferents,

mentre que els “slave” (traduït de l’anglès, esclau), només poden enviar i rebre dades a un sol dispositiu “master al qual siguin connectats.

3.1.3 SENSOR MIOELÈCTRIC

El sensor mioelèctric utilitzat en aquest projecte és el model Myoware 2.0, funciona calculant el voltatge emès pel senyal elèctric dels nostres nervis quan es produeixen les contraccions musculars del nostre cos.



Característiques:

Aquest sensor treballa amb un voltatge d’entre **2,2 i 5,4 V** i una intensitat d’entre **250 pA i 1 nA** , té una grandària de **3,76 mm** d’amplada i **3,6 mm** d’altura aproximadament, el seu gruix és molt petit, aproximadament **1 mm**.

Aquest sensor té un cost d’entre 40 i 50 euros.

Mòdul walfront arduino
muscle sensor
(Figura 3)

Aquest mòdul mesura el voltatge que reben els nostres músculs dels senyals nerviosos, ja que els nostres impulsos nerviosos son poc diferents dels polsos elèctrics.

Aquests polsos elèctrics entre els nostres músculs fan servir entre 5 micro volts fins a 50 mil·livolts, més inclòs en ocasions d’esforç extrem.

El funcionament del sensor de forma més exacta és el següent, quan els nostres músculs reben el senyal elèctric que el cervell els envia a través del teixit nerviós, el sensor mioelèctric recopila les dades, que són el valor de la diferència de potencial elèctric entre els nervis i el múscul mitjançant elèctrodes, en aquest cas, elèctrodes no invasius, que es diferencien dels elèctrodes comuns en el fet que aquests no s’han de punxar a la pell; un cop el sensor ha rebut el senyal, el transmet a la placa de control.

La placa de control ha d’estar programada per a actuar en funció de les dades

recopilades pel sensor que, normalment, també es poden representar en un gràfic si la placa de control es connecta a un ordinador, en aquest cas es programen els motors per a tibar més fort els cables dels dits en relació amb la intensitat del voltatge.

3.1.4 PLACA DE CONTROL ARDUINO

La placa de control utilitzada en aquest projecte és una placa Arduino UNO R3 probablement, una de les plaques de programació més simples i robustes, però també una de les més versàtils, el seu funcionament és senzill, disposa de diverses sortides de voltatge, ground i sortides de senyal, aquestes sortides s'obren o es tanquen en funció de la informació que conté el codi que comuniquem a la placa.



Placa de programació
Arduino R3.
(Figura 4)

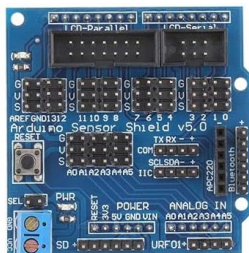
Característiques:

Aquesta placa de control treballa amb un **voltatge límit d'entre 6 V i 20 V** (voltatges mínim i màxim respectivament); tot i això, **el fabricant recomana treballar entre 7 V i 12 V** per a no poder fer malbé la placa. Té 14 pins de sortida de senyal digitals (numerats del 0 al 13) i 6 pins de sortida de senyal analògics (numerats d'A0 a A5), també disposa d'una entrada de voltatge (V-in) i una entrada USB B que permet passar programacions a la placa i a la vegada alimentar-la.

El codi es transmet a la placa amb un cable USB tipus B 2.0 que transmet el codi que nosaltres hàgim programat al software de programació, en aquest cas, el software utilitzat és "Arduino IDE" que usa el seu propi llenguatge de programació "Arduino", que es troba fortament inspirat en el llenguatge de programació "C++", un dels llenguatges de programació bàsics.

3.1.5 ARDUINO "SENSOR SHIELD"

Com el seu nom indica, la sensor shield és una placa d'ampliació que engrandeix el camp de treball a la placa, dona a les entrades i sortides digitals i analògiques un adaptador per a poder donar voltatge i ground al sensor que s'hi connecti, també aporta uns ports exclusius per a pantalla LCD, ports per a les funcions RX i TX (usades al Bluetooth) i finalment, dos grounds



generals per a tota la placa que seran clau per al projecte Sensor shield (Fig.5)

4. CODIS I APLICACIÓ DE CONTROL

Aquest treball no és res sense la programació que el fa funcionar, en aquest cas, un programa per a la pròtesi Bluetooth i un programa per al mòbil (APP) que ens permetrà utilitzar la pròtesi, la pròtesi mioelèctrica funciona amb un programa propi, ja que no depèn de cap mòbil.

Durant les pròximes pàgines tractaré les següents parts del treball.

- Codi del programa de la mà, en aquest apartat tractaré com es va programar la primera mà i les subdivisions del programa que són les següents:
- Libraries
- Declare variables
- Void setup
- Void loop
- Bluetooth
- Sensor mioelèctric i programa de la seva respectiva pròtesi
- Aplicació de control Bluetooth, aquí tractaré el funcionament i les bases del programa de control.

4.1 CODI DEL PROGRAMA DE LA MÀ

El programa de la mà* està pensat per a respondre sense errors als senyals que envii l'aplicació del mòbil de forma que cada cop que canvien de postura, els dits es reinicien per a reduir les probabilitats que es produeixi un error als servomotors, fent un resum previ a les explicacions, el mòbil envia un senyal numèric de l'1 al 7, en funció del nombre rebut, la pròtesi posarà els dits en una posició o una altra, sempre reiniciant la postura abans de cada canvi, es un mètode senzill, però molt pràctic.

* A causa de la seva grandària, el codi es troba als annexos a l'apartat "Codis", igualment, es mostraran els trossos de codi descrits a les següents pàgines.

4.1.1. "LIBRARIES"

Què són: Les "libraries" o, traduït de l'anglès, biblioteques, són compilacions de línies de codi i funcions d'alguns mòduls d'Arduino fetes per altres usuaris que faciliten l'ús dels mòduls en qüestió, el mateix programa Arduino IDE ja disposa de base d'algunes "libraries" bàsiques, però d'altres s'han de descarregar a part.

Tal com es mostra al fragment de codi a sota, la línia per introduir "libraries" es: "#include <x>.h" on "x" es el nom de les "libraries" i ".h" es l'extensió de format de totes les libraries.

Exemple:

```
#include <Servo.h>

#include <SoftwareSerial.h>
```

Aquestes libraries junt amb la funció íntegra "declare" també ens serviran per a declarar el tipus de mòdul a la programació i, per tant, enviar un senyal o altra, per a definir el mòdul corresponent a la biblioteca s'escriu la següent línia de codi:

"x y" on "x" es el nom de la biblioteca que, normalment, porta el mateix nom del mòdul que utilitza, i "y" es el nom que posarem al mòdul per a poder programar-lo, en el meu cas, he identificat els mòduls com a servos i després he afegit el nombre del pin digital al qual aniran lligats.

Exemple:

```
Servo servo_1
Servo servo_2
Servo servo_3
```

4.1.2. “DECLARE VARIABLES”

La funció declare variables es una funció íntegra del software Arduino IDE que ens permet donar un nom a cada variable o sortida digital, ens ajuda molt, ja que si no poguéssim declarar la variable abans de començar a programar hauríem de definir la funció de la variable constantment cada cop que la necessitéssim.

Una variable es pot incloure dins d'una altra per a encadenar dues funcions diferents, en aquest cas, la variable zero reinicia la posició dels dits de la mà, i es troba inclosa en totes les altres variables, la declaració de variables es pot fer de diverses maneres, en aquest cas, he declarat la variable fent servir la funció “void” comuna abans de “void setup” i “void loop” tal que la declaració de variable es representa de la següent manera: **void “x” “{“+ salt de línia + programa de la variable + salt de línia +”}”**. On x es el nom de la variable.

Exemples:

Declaració de variable:

```
void zero() {  
    servo_11.write(0);  
    servo_9.write(90);  
    servo_5.write(0);  
    servo_6.write(0);  
    servo_3.write(0);  
}
```

variable forma part d'una altra variable:

```
void Mid() {  
    zero();  
    delay(2000);  
    servo_11.write(180);  
}
```

```
servo_9.write(0);  
delay(600);  
servo_5.write(0);  
servo_6.write(180);
```

Activació de la variable (mitjançant senyal numèric de Bluetooth):

```
if ((Senyal == 7)) {  
    Mid();  
}
```

4.1.3. “VOID SETUP”

El “void setup” es una funció que sempre s’inclou entre les funcions de les variables i la funció “void loop”, la funció “void setup” es la cosa que ens permetrà realitzar les accions fonamentals amb arduino, aquestes funcions només es realitzen **una sola vegada**, com ara la funció per a declarar totes les sortides digitals i lligar-les als components corresponents, per a això s’usa la següent línia: **“x”.attach(“y”)**.

On “x” es el nom que hem posat al mòdul i “y” es el nombre corresponent al pin de sortida digital al qual volem lligar el mòdul.

D’aquesta manera, totes les funcions que hàgim declarat en nom del Servo_3 per exemple, donaran resposta al pin corresponent de la placa, aquest pas es fonamental, ja que si no, no podríem transferir informació de la placa als mòduls i, per tant, serien completament inservibles. Amb la funció void setup també programarem una altra funció fonamental per al correcte funcionament de la pròtesi: el **“baud rate”**.

El “baud rate”, tal com indica el seu nom en anglès, es la taxa de bauds que pot rebre el sensor Bluetooth (dels mots anglesos “baud” i “rate”, als mots catalans “baud” i “taxa” respectivament).

Els bauds són una magnitud informàtica que mesura la capacitat de transmissió o recepció d'informació d'un sistema, tal que les unitats del "baud rate" són bauds per segon (baud/s) i no bits per segon (bps o bits/s) com es creu (un baud per segon només es igual a un bit per segon quan cada bit representa un sol símbol. La línia de codi per a definir el baud rate es: ***bt_serial.begin(9600)***).

També podem posar nom i contrasenya als dispositius Bluetooth amb la següent línia de codi: `fnc_bt_serial_namepin(string("x"), string("y"))`; on "x" és el nom que volem posar al dispositiu i "y" els nombres corresponents a la contrasenya, normalment "0000" o "1234"

Exemple del programa:

```
void setup()
{
    servo_11.attach(11);
    servo_9.attach(9);
    servo_5.attach(5);
    servo_6.attach(6);
    servo_3.attach(3);

    bt_serial.begin(9600);

    fnc_bt_serial_namepin(String("Robohand"),String("0000"));
}
```

4.1.4. "VOID LOOP" i "BLUETOOTH"

El "void loop" es la contrapart del "void setup", ja que es la funció que inicialitza totes les funcions repetibles, com per exemple la reacció a rebudes de dades (com es el cas del funcionament de la pròtesi) o per exemple la reacció a prémer botons en circuits analògics, sense el void loop hauríem d'apagar i tornar a encendre el sistema cada cop que volguéssim canviar de funció, es per això que junt amb el "void setup" es la funció més important.

En aquest cas el “void loop” està programat per a reaccionar als senyals numèrics que emet l'app per a telèfons mòbils que he dissenyat, de manera que quan rep la informació d'un nombre actua d'una manera o altra, depenent del nombre, aquestes actuacions es fan activant una variable o l'altra en funció del nombre rebut la línia de codi és: ***if ((senyal == x)) { + salt de línia + “y” () ; + salt de línia + }***

Malgrat això, per a fer que aquest tipus de funcions s'activin, primer cal declarar que el Bluetooth estigui actiu de la següent manera.

```
if ((bt_serial.available()>0)) {  
senyal = bt_serial.read()
```

on “senyal” se substitueix pel senyal numèric rebut i la funció de “bt_serial.available()>0” serveix per a assenyalar el Bluetooth com a encès, ja que si el bt_serial, que representa el baud rate, es igual a 0 no hi ha recepció de dades, en canvi, com abans hem establert el baud rate a 9600, quan la placa rebí voltatge el mòdul Bluetooth començarà a poder rebre fins a 9600 bauds per segon i, per tant, s'activarà la funció per a rebre senyals.

Exemple:

```
void loop()  
{  
  
    if ((bt_serial.available()>0)) {  
        Senyal = bt_serial.read();  
        if ((Senyal == 1)) {  
            Open();  
        }  
  
        if ((Senyal == 2)) {  
            Close();  
        }  
  
        if ((Senyal == 3)) {  
            victoria();  
        }  
    }  
}
```

```
}

if ((Senyal == 4)) {
    ok();
}

if ((Senyal == 5)) {
    assenyala();
}

if ((Senyal == 6)) {
    pin_C3_A7a();
}

if ((Senyal == 7)) {
    Mid();
}
```

4.2 MIT APP INVENTOR

L'aplicació de control per Bluetooth ha estat dissenyada i creada amb el software online "MIT App inventor"⁴ un software dissenyat pel "Massachusetts Institute of Technology" que funciona de forma molt similar a altres programes en línia com ara Scratch o Arduinoblocks, aquest tipus de programes permeten compensar la manca de coneixement sobre programació per a mòbils, com es el meu cas, ja que són molt intuïtius gràcies al seu funcionament amb blocs, cada bloc representa una funció, línia

⁴ Pàgina oficial de MIT App inventor: <https://appinventor.mit.edu/>

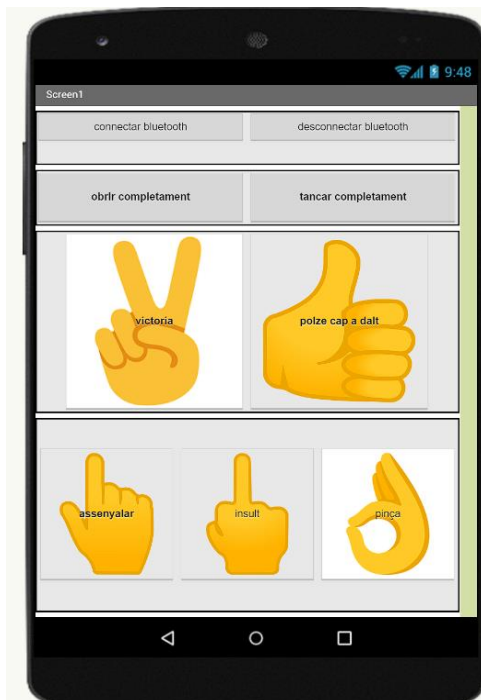
de codi o “string” i només s’han d’apilar de manera que s’obtingui un codi amb comportament lògic i sense errors de programació.

4.3 APLICACIÓ DE CONTROL

L’app funciona de la següent manera, es mostren a la pantalla del mòbil nou botons diferents, dos d’ells serveixen per a connectar o desconnectar el dispositiu Bluetooth, els altres set serveixen per a donar una posició o una altra als dits de la mà.



La vista de l’aplicació seria la següent.



Els botons d’obertura, tancament i pinça són útils, ja que ens serveixen per a agafar objectes, altres botons, com ara el d’insultar, assenyalar, el polze cap a dalt i la be baixa de victòria són estètics i donen un toc divertit al projecte, recordant que portar una pròtesi implica una fatalitat anterior i, per tant, una càrrega emocional, d’igual manera, aquestes posicions dels dits també són útils perquè trobo que la comunicació no verbal és bastant important i aquestes funcions intenten compensar la pèrdua de comunicació gestual que implica haver perdut part d’un braç.

Respecte de la programació de l’app, els botons es bloquegen quan el dispositiu mòbil no és connectat a cap senyal Bluetooth, he fet això, bàsicament, per a evitar possibles errors del programa.

A continuació Mostraré el codi del programa en blocs i explicaré el respectiu funcionament de cada variable i funció, també analitzarem la visualització de l’aplicació, és a dir, el disseny de la interfície, la seva funcionalitat i com ha estat programada.

4.3.1 CODI DE L'APLICACIÓ DE CONTROL

Al primer bloc es mostra la programació per a fer el llistat de dispositius detectats amb la funció “list picker”, a la qual després afegirem un bloc que concreta el tipus d'element, en aquest cas, Bluetooth.

Si es programa bé aquest bloc, obtindrem com a resultat la possibilitat de crear una llista que detecti tots els dispositius Bluetooth al nostre entorn.



A la llista es poden apreciar el nom de l'aplicació (cantó superior dret) i la llista de dispositius Bluetooth.

A la llista es poden veure tots els dispositius a l'entorn i els dispositius prèviament vinculats, igualment, el nostre programa només funciona amb el sensor Bluetooth connectat a la pròtesi, que, en aquest cas es el sensor “EA HC-05”.

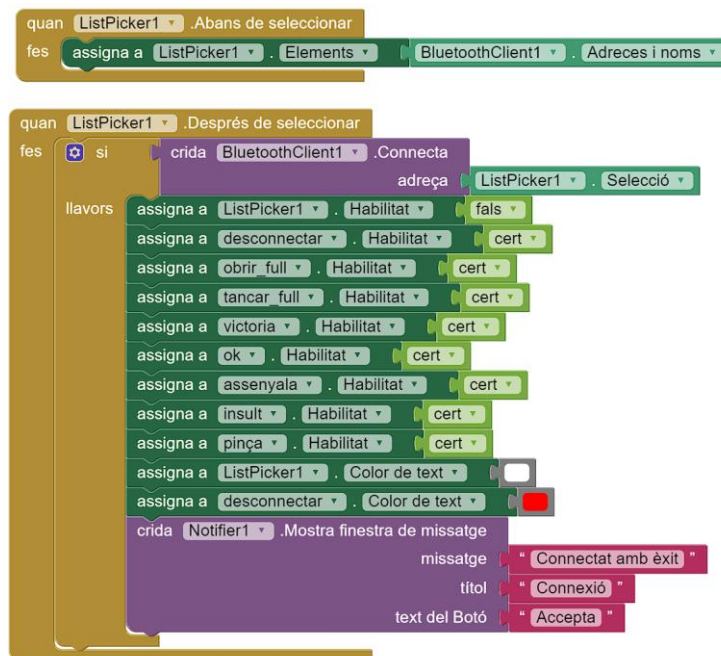
Un cop triat el sensor corresponent, l'aplicació ens retornarà a la forma principal de l'aplicació, on podrem triar les posicions de la mà.

A la segona part del primer bloc hi trobem la programació per a activar els botons, comença amb un bloc condicional, “**quan <list picker1> després de selecció**” on list picker es la llista que es crea, i com indica el seu nom, activa els següents blocs quan seleccionem el Bluetooth de la llista.

Un cop el mòbil s'ha connectat al Bluetooth, s'activen les variables d'habilitació cert/fals, si habilitem un botó com a fals, el botó no funcionarà, en canvi, l'habilitem com a cert, si funcionarà i podrà complir la seva funció, de forma que els botons només funcionen quan ens connectem al Bluetooth.

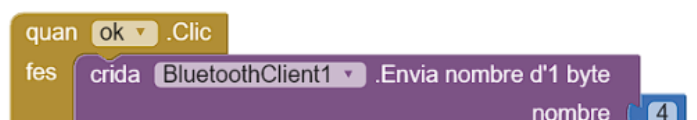
L'aplicació també ens enviarà un missatge dient-nos que el dispositiu s'ha connectat correctament mitjançant la funció **“.Mostrar Finestra de Missatge”**.

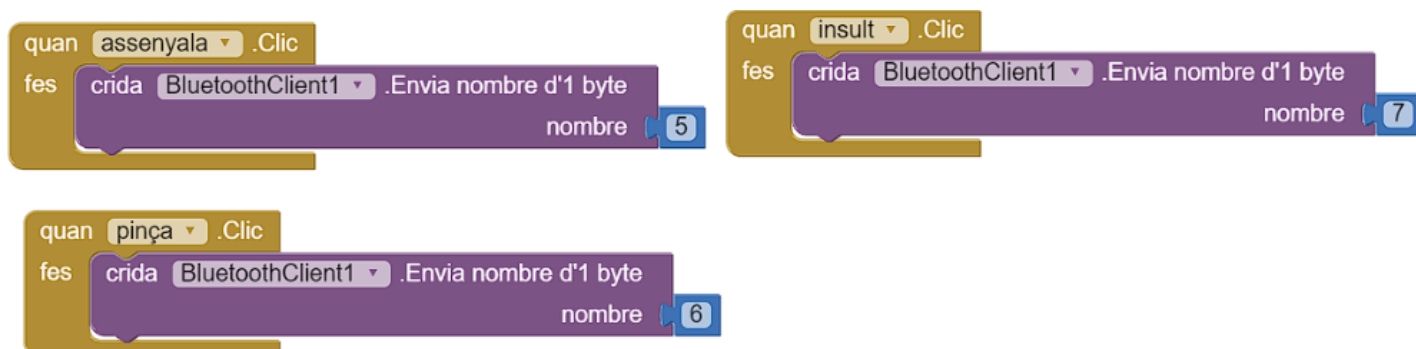
(Bloc de programació 1)



Al segon bloc trobem set funcions, aquestes funcions, igual que la del missatge i la connexió, fan servir la funció slave del dispositiu Bluetooth per enviar ordres, aquestes ordres són molt simples, ja que es componen d'un sol caràcter numèric, les dades numèriques s'envien amb la funció **“Crida <BluetoothClient1> envia nombre d'un byte”**, abans que es trametin aquestes dades numèriques, s'ha de complir el bloc condicional d'abans que requereix prémer una tecla, aquest bloc es representa amb **“quan <x>.Clic”** on <x> es la variable que porta el nom del botó a prémer, per exemple, el botó “pinça” de l'ordre 6 de forma que en funció del botó que es premi, s'enviarà un número de l'1 al 7 i en funció del nombre, la mà actuarà d'una forma o altra.

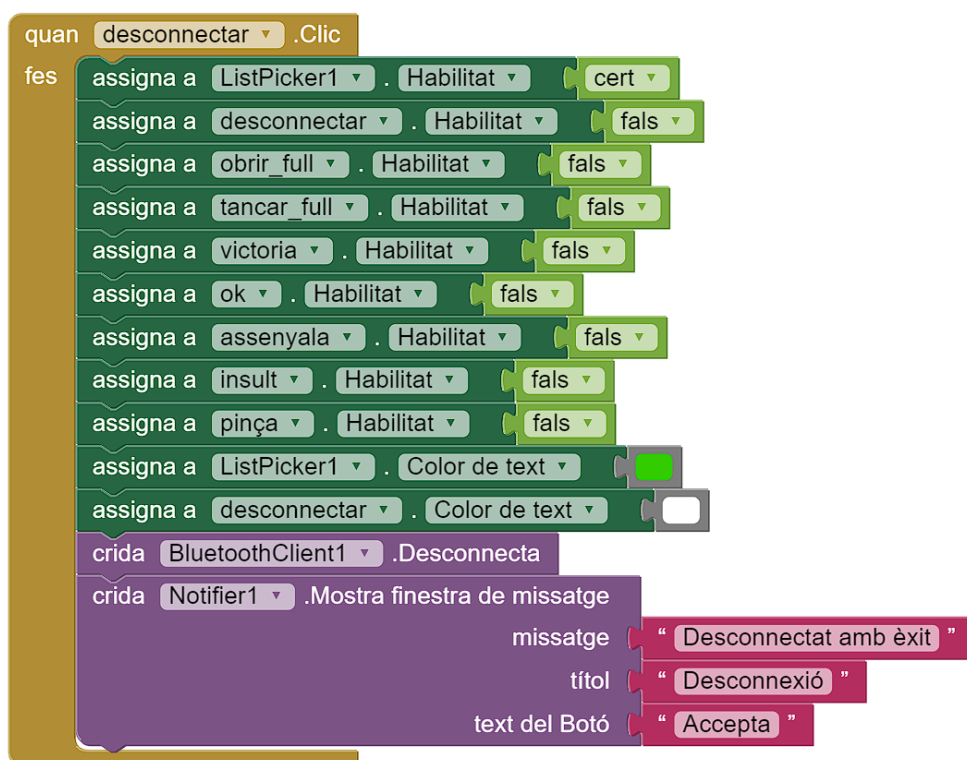
(Bloc de programació 2)





Respecte del comportament i programació del bloc 3, resulta ser un calc idèntic de la segona part del bloc 1 a diferència que, aquest cop, el que abans era fals ara es cert i a l'inrevés, de forma que els botons es bloquegen quan es desconnecta el Bluetooth en comptes de desbloquejar-se com ho farien amb el codi del primer bloc.

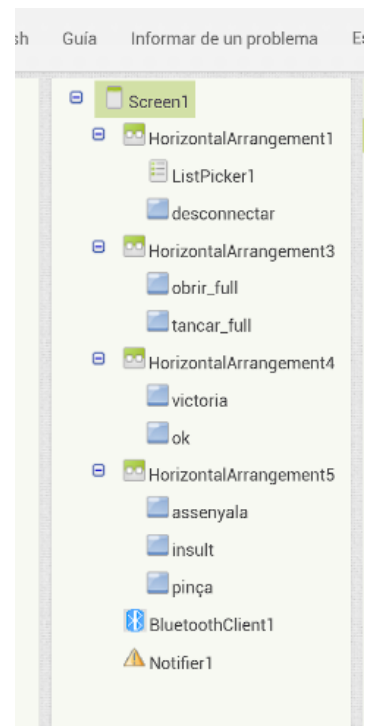
(Bloc de programació 3)



4.3.2 VISUALITZACIÓ DE L'APLICACIÓ DE CONTROL

La interfície de l'aplicació ha estat dissenyada per a ser tan intuïtiva com sigui possible, de manera que no hi hagi complicacions a l'hora d'entendre el seu funcionament, es per això que hi ha escrita la funció en català sobre una imatge amb la posició de la mà, de manera que no saber un idioma no sigui un impediment per al seu ús.

La interfície de l'aplicació ha estat programada amb el dissenyador d'interfícies que ens ofereix el mateix software "MIT App inventor" es simple, però fàcil d'entendre, simplement, tenim un espai en blanc anomenat "screen" (traduït de l'anglès, pantalla) i podem organitzar aquest espai en "arrangements", que són files o tires d'espai a la pantalla de les quals en podem determinar la llargària i l'amplada en píxels, dins d'aquests arranjaments, introduïrem els botons que activaran les funcions de la pròtesi en qüestió, a les imatges de baix es pot apreciar l'alineament en "arrangements" dels botons i l'esquema de la interfície de l'usuari.



A l'esquerra els botons, cada botó, es al seu torn una variable que ens serveix per a determinar i enviar les ordres numèriques del programa de l'apartat anterior, a la dreta es poden veure les funcions dels botons als quals correspon una imatge a cadascun.

4.4 PROGRAMA DE LA PRÒTESI MIOELÈCTRICA

El programa de la pròtesi mioelèctrica es un codi relativament curt i senzill, el primer pas es la definició de variables i la inclusió de llibreries, en aquest cas, només s'inclou la llibreria **<servo.h>** perquè els servomotors són els únics mòduls amb sortida digital que farem servir. Les variables definides són els servos, el "EMG_PIN", que serà el pin analògic que farem servir per a l'entrada de dades analògiques que rebrà la placa des del sensor mioelèctric, i el "threshold" (traducció literal de l'anglès, literalment límit, llindar), una funció límit que serà clau per al funcionament de la pròtesi, a aquest límit se li assigna un nombre (170 en aquest cas) i aquest nombre estableix un límit de senyal, després, modificarem el programa perquè quan es traspassi aquest límit la mà es tanqui.

Exemple del programa:

```
#include <Servo.h>
#define threshold 170
#define EMG_PIN 0
Servo servo_1;
Servo servo_2;
Servo servo_3;
Servo servo_4;
```

El pròxim pas es la programació del "**void setup**", aquí es on lligarem cada servo al seu pin corresponent i iniciarem el "**serial**" a 9600 bauds, com vam definir al procés de l'anterior pròtesi, això ho farem amb la línia "**Serial.begin(9600)**" i la cua "**.attach**".

Exemple del programa:

```
void setup () {
    Serial.begin(9600);
```

```

servo_1.attach(3);
servo_2.attach(4);
servo_3.attach(5);
servo_4.attach(6);
}

```

Al “**void loop**” farem servir la funció “**int value**” per a guardar els valors que el sensor mioelèctric envia a la placa, no té cap utilitat a la pròtesi, però es la cosa que ens permetrà determinar el millor nombre per al threshold, ja que amb el gràfic d’arduino podrem veure els valors mioelèctrics (el gràfic d’arduino es pot obrir a la pestanya tools>serial plotter, i la taula de valors amb tools>serial monitor) després, aplicarem la funció condicional “**if**”, per a dir que quan el propi “int value” sigui més gran que el threshold els servos es tanquin, (amb la funció .write, igual que a la pròtesi anterior) en acabat posarem la funció post condicional “**else**” per a indicar que quan el nombre “value” no sigui superior a threshold tots els servos siguin a 0°, es a dir, la mà s’obri.

Exemple del codi:

```

void loop () {

  int value = analogRead(EMG_PIN);

  if (value > threshold) {

    servo_1.write(180);
    servo_2.write(180);
    servo_3.write(180);
    servo_4.write(180);
  }

  else{

    servo_1.write(0);
    servo_2.write(0);
    servo_3.write(0);

```

```
servo_4.write(0);  
}
```

5. **PROBLEMES DE REALITZACIÓ I SOLUCIONS**

El primer problema a posar el meu TDR entre l'espasa i la paret va ser el fet que la primera pròtesi no funcionés de cap manera, amb ajuda del meu pare, vaig descobrir que l'error era que el corrent arribava als motors i a la placa a través dels cables positius (V) i, en canvi, els negatius (ground) eren propis de cada unitat, les piles tenien el seu negatiu propi i els motors tenien el seu negatiu propi, en canvi, les piles i els motors havien de tindre els mateixos negatius compartits, perquè l'entrada i sortida de corrent fos la mateixa.

Aquest primer error, abans de ser solucionat va provocar altres errors com per exemple, que com tots els motors estaven connectats a la placa, l'amperatge d'aquests superava el mateix amperatge de la placa de forma que els motors concentraven tota la intensitat i el mòdul Bluetooth no podia funcionar

Un altre problema va ser la comunicació entre la pròtesi i el programa, més tard vaig descobrir que el meu programa mòbil enviava senyals alfabètics mentre que la pròtesi estava programada per a rebre senyals numèrics, la solució va ser modificar l'aplicació mòbil perquè enviés senyals numèrics.

Un altre dels problemes va ser la meua idea de motor, al principi vaig pensar un motor que girés i anés recollint cable amb motors pas a pas d'arduino, fent proves em vaig adonar que els motors tenien molt poca força i no podien tensar ni tan sols una mica els cables, la solució? Canviar-los per servomotors estàndard, que tenen una força de tirada molt més gran.

Un error de fàbrica feia que un servomotor anés en direcció contrària a la indicada, a causa de la mala qualitat del servo, aquest es va trencar i el vaig haver de canviar per un altre.

La qualitat d'impressió era bastant dolenta, la solució va ser abaixar la temperatura de fusió i augmentar la velocitat d'impressió.

Els dits de la mà mioelèctrica no es tensaven correctament, al principi vaig pensar que era degut al fet que com el TPU amb el qual es va imprimir el primer prototip de la pròtesi era bastant tou i absorbia la força de tirada cap a baix, la solució va ser canviar el material de les peces per PLA en comptes de TPU, igualment els dits encara no tancaven per complet així que vaig seguir revisant el model fins que em vaig adonar que el cable elàstic que tensa els dits cap a dalt es quedava atrapat entre les ròtules dels dits, de tal manera que la solució va ser obrir un petit espai a les ròtules dels dits perquè el fil es pogués doblegar correctament.

Un altre error crític fou que el sensor mioelèctric no captés bé les dades, en qüestió de poc temps em vaig adonar que estava tenint el mateix error que amb els servomotors, el negatiu no estava compartit, la solució va ser ajuntar un negatiu i un positiu de diferents piles de 9 V i aprofitar els positius i negatius restants.

6. LA BIÒNICA

Sentia que parlar únicament de la part pràctica d'aquest TDR deixava bastant buida la part teòrica que hauria de tindre, per tant, com a petit treball extra, em dispo a parlar de la biònica i fer un petit redactat sobre les pròtesis des d'un punt de vista ètic, filosòfic i històric, per a això, primer de tot ens haurem de situar al començament de la història de la biònica.

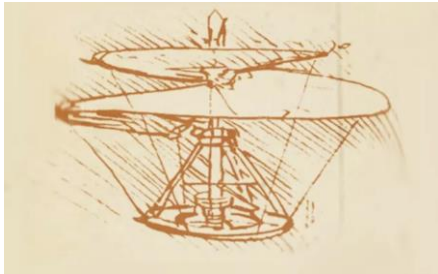
6.1 BIÒNICA: HISTÒRIA

-Passat

Primer de tot esbrinarem que significa biònica, aquesta paraula neix del grec "bios", que significa vida i porta el sufix -ic/ica, que indica relativitat a, en aquest cas, relatiu a la vida, com estem donant un enfocament tecnològic s'entén que parlem de màquines i d'avenços tecnològics.

Així doncs, per l'antiguitat de la qual daten els seus plànols i les seves redaccions, una de les primeres persones a integrar la biologia a la tecnologia fou Leonardo Da Vinci, ja que va aplicar molts dels seus coneixements sobre la natura als seus plànols com per

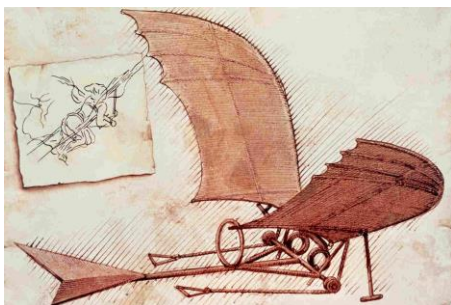
exemple al “dron de Da Vinci” que podria tindre un funcionament similar a les sàmares dels arbres, pel fet que ambdós tenen el seu centre gravitatori al mig i fan servir una única extensió que els fa planejar mitjançant un moviment espiral (encara que al plànol de Da Vinci es molt més exagerat), o, un altre exemple, el famós ornitòpter de Da Vinci, que es basava en el funcionament de les ales dels ocells i en el principi de planejament que usen les grans aus⁵, com per exemple els voltors.



Dron de Da Vinci (Figura 6)



Sàmara (“*tipuana tipu*”) (Figura 7)



Ornitòpter (Figura 8)



Voltor (Figura 9)

-Present

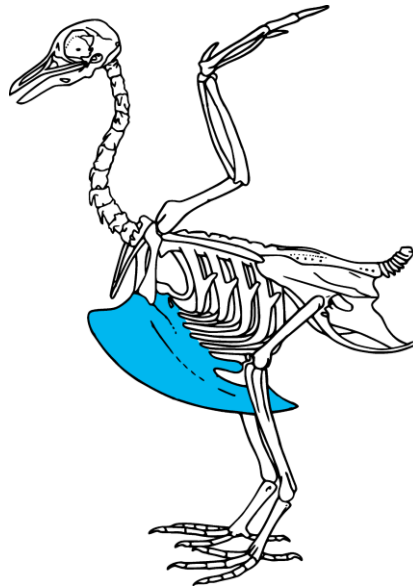
Deixant de costat les Antigues invencions, avui dia hi ha moltes coses pròpies dels dissenys de la natura que apliquem a les nostres creacions quotidianes, sense la

⁵ Aclariment: Algunes de les grans aus com ara el Voltor no poden volar per si mateixes i han d'aprofitar grans corrents d'aire (normalment calent, a causa dels principis de la termodinàmica) o bé han de saltar des de punts alts per a planejar.

necessitat que aquestes siguin grans creacions, encara que les màquines que més s'aprofiten d'aquests principis solen ser modernes o de gran mida hi ha molts exemples de tecnologia actual que aprofiten el disseny de la natura per exemple, les ales dels avions es basen en les ales d'un ocell i aprofiten la llei de Bernoulli per a mantenir-se en l'aire, o els vaixells, que tenen una quilla per a reduir el fregament amb l'aigua molt similar al pit dels ocells voladors, que sol tenir una anatomia adaptada per a reduir el fregament amb l'aire.



quilla d'un vaixell (Figura 10)



dibuix d'una quilla d'au (Figura 11)

Així doncs, no es cap misteri, que les invencions de l'home estan basades en la forma i el comportament de la natura, però el major i principal camp de la biònica neix de la següent idea: imitar l'ésser humà, d'aquesta idea neixen invents com ara els autòmats i les pròtesis, les pròtesis es basen en el principi fonamental d'imitar la funció i aparença en alguns casos d'algunes parts del cos humà, mentre que els autòmats intenten imitar

un ésser humà al complet. Tot i que això ens fa pensar en què no podem recrear l'ànima ni els sentiments i, encara que les intel·ligències artificials ho posin en dubte, sembla que tampoc podríem recrear cap racionalitat.



Sophia (Figura 12)

Actualment, trobem exemples d'humans artificials, com es el cas del famós robot Sophia, un robot humanoide o androide capaç de simular l'esser humà de forma més que notable, es pot desplaçar, pot agafar objectes, conversar i detectar moviment al seu voltant entre moltes altres funcions, a més, amb l'arribada de la intel·ligència artificial ha millorat la seva capacitat de raonament exponencialment encara i així el robot ha afirmat que “somia amb ser tan intel·ligent com els humans”. Fites com la construcció d'aquest androide ens porten a pensar sobre el futur de la robòtica biònica i sobretot en com ens afectarà aquesta evolució a nosaltres, els humans, els robots seran

els nostres principals ajudants i faran del nostre planeta un lloc millor o bé es giraran contra nosaltres en un acte de revolució tal com passa a les pel·lícules de Hollywood?

-Futur

Dir que el futur de la biònica és predictable resulta en pecar d'ignorant, no sabem quin camí o canvis de ritme prendrà l'evolució de la biònica, però de moment sembla que els androides són la punta de llança del desenvolupament biònic i que, per tant, cal continuar desenvolupant-los, de fet, es cert que ja hi ha empreses que volen començar la fabricació en cadena d'aquests autòmats encara que aquests, per la seva condició no humana, representarien un buit legal a la societat, ja que no tenim cap escrit sobre les lleis ni drets dels robots, molt menys una redacció legal sobre els androides, la conclusió es que no estaríem preparats.

6.2 PRÒTESIS: HISTÒRIA

S'estima que les primeres pròtesis de la història apareixen a l'antic Egipte, on es van trobar dos dits del peu un, fet de cartonatge (una barreja amb cola, lli i guix) i el segon, un polze, fet de fusta i cuir, mentre que es pensa que la primera pròtesi era completament estètica, es creu que la segona pròtesi esmentada era funcional, ja que presenta flexibilitat a algunes zones, tres-cents anys més tard, a Roma es troba la "cama de Càpua" una cama de bronze i fusta que va pertànyer a un noble romà.

Molt més tard, les pròtesis modernes van començar a aparèixer i produir-se en grans quantitats amb l'arribada de la Primera Guerra Mundial i la Segona Guerra Mundial, aquest augment de producció de pròtesis es va traduir en un augment de la qualitat de les mateixes i a la creació de models genèrics que qualsevol amputat pogués vestir, ja que, recordem que les pròtesis s'han d'adaptar a les mides corporals d'un humà i cada persona té una talla diferent, aquestes pròtesis se solien agafar al cos amb corretges, normalment, fetes de cuir.

Avui dia, les pròtesis es fan en clíniques mèdiques especialitzades, concretament, a les clíniques d'ortopèdia i traumatologia on es realitza el tallatge del pacient i es modela la pròtesi, a més, ara tenim accés a pròtesis biòniques que ajudaran els amputats a realitzar les feines quotidianes amb més facilitat que no amb una pròtesi fixa i immòbil; aquestes pròtesis també es poden fer a casa amb una impressora 3D com les pròtesis d'aquest projecte, es clar, la qualitat no es la mateixa, però fan la seva funció per bastants menys diners (una pròtesi biònica pot tindre un cost a partir de 30.000 euros)⁶

⁶ segons el següent article d'El Comercio:
<https://www.elcomercio.es/tecnologia/gadgets/201509/29/frances-fabrica-propia-mano-20150929112249-rc.html>

6.3 PRÒTESIS: ÈTICA

Procediré a parlar sobre l'ètica i la filosofia que les pròtesis comporten, es clar, encara que hi hagi punts de comú acord, cal recordar que la següent redacció es completament subjectiva i no ha de ser presa com a veritat absoluta o argument.

Des del meu punt de vista, les pròtesis han de seguir una filosofia altruista, que ajudi a aquells qui ho necessitin, i encara que tinguin un cost elevat i representin un niu econòmic per a molta gent, no em posiciono a favor que es comercialitzin com qualsevol altre producte, amb inflades sobtades de preu, a més, l'estat (seguretat social) tampoc cobreix les despeses econòmiques d'una pròtesi, ni tan sols parcialment i això porta a la inaccessibilitat de la solució al problema que representa una amputació, sobretot quan vivim a un món molt adaptat a la generalitat dels fets i amb poques comoditats per als exclosos d'aquesta generalitat, per exemple, s'assumeix que tothom té dues mans, per tant, quasi totes les coses són més fàcils de fer amb dues mans que no amb una, no afirmo que aquesta forma generalista sigui una forma incorrecta d'actuar, de fet, estic bastant a favor que les coses es facin respecte de la utilitat per a una majoria, ja que es la forma més eficient de fer les coses, però es veritat que podríem adaptar més l'entorn a aquells qui ho necessiten, o almenys facilitar l'obtenció d'aquests adaptadors, com són les pròtesis en aquest cas.

Un altre punt a debatre és la situació d'ús de les pròtesis, faré servir un cas concret de fa uns quants mesos abans de la redacció d'aquest text, en què l'influencer "The Black Alien Project"⁷, va anunciar que volia fer servir una cama prostètica en comptes de la seva cama natural (òbviament, el van dissuadir de la idea), un cas així és inadmissible perquè llença per terra la filosofia d'ajuda que suposa la biònica i inclús pot semblar un insult moral a aquells qui han de portar cames prostètiques i desitjarien poder tindre'n de naturals, a part de mostrar una clara i enorme falta de respecte cap al seu propi cos, ningú voldria tallar-se les cames oi?, igualment, un cas com aquest ens porta a pensar, qui voldria canviar una part humana per una de prostètica, en tot cas, les parts prostètiques són millors que les parts humanes?

⁷ Segons Les seves paraules, i fonts d'informació textuals com La Vanguardia, entre altres:
Article de: La Vanguardia:
<https://www.lavanguardia.com/cribeo/20230614/9039972/black-alien-continua-controvertido-proyecto-me-quiero-cortar-pierna-dedos-mano-pmv.html>

Evidentment, no. Una mà prostètica no pot assolir ni de lluny el rang de funció, ni el temps de resposta, ni la precisió que té una mà natural, amb una cama prostètica passaria exactament el mateix, córrer seria un gran esforç, a diferència de caminar. L'avantatge que presenten les mans prostètiques respecte de les nostres mans humanes són, com a molt la resistència, ja que algunes són fetes de titani o tàntal i el fet que són modificables (bé, no totes ho són, però hi ha una gran varietat que sí, sobretot els models handmade, com les impreses en 3D) i se'ls hi poden afegir accessoris relativament útils, a part d'això, la mà humana resulta clarament superior.

De qualsevol manera, existeix la possibilitat que en un futur les pròtesis superin les mans humanes, però a mi personalment, m'assembla un futur poc probable, al final, el nostre cos ha estat dissenyat exclusivament per a funcionar amb els nostres propis braços amb la màxima eficàcia possible. Que nosaltres adaptem les màquines al nostre cos, es un altre tema i depèn absolutament de com nosaltres fem evolucionar les màquines i les pròtesis.

7. AGRAÏMENTS:

Vull agrair primer de tot al meu tutor de TDR per haver-me donat diferents idees per al TDR, haver tutoritzat tan bé el meu TDR i sobretot per haver donat prioritat al meu TDR encara que ell anés just de temps o no es trobés bé. També vull agrair als meus pares per haver-me aguantat quan em ficava insuportable amb el TDR o quan em frustrava (dada personal, quan em frustro, em frustro moltíssim) i sobretot, per ser els màxims patrocinadors econòmics del meu TDR, sense ells res hauria estat possible, com a últim agraïment, vull agrair als meus dos companys de classe i amics, per descobrir-me l'interlineat i els marges del Google docs, si no fos per ells, aquest treball de recerca tindria moltes menys pàgines i seria més il·legible del que ja és.

8. CONCLUSIONS

Per a començar, crec haver complert la principal missió del meu TDR, que era crear dues pròtesis per als avantbraços amb una impressora 3d i arduino, a part, crec que també he complert el meu segon objectiu principal (tot i que també representa un objectiu personal per a mi) que es crear un TDR multidisciplinari que pogués afrontar totes les branques d'un batxillerat científicotecnològic i crec que amb les parts més pràctiques he pogut cobrir alguns apartats diversos de la tecnologia, amb la part més

teòrica alguns apartats biològics i anatòmics i amb aquesta petita part extra al final he volgut abordar alguns apartats de la filosofia i història de la robòtica i biònica actuals .

També sento, que a part de completar els objectius, ha resultat un treball molt enriquidor personalment, ja que he après moltes coses noves que no sabia com per exemple el llenguatge de programació Arduino, que tot i que no m'he tornat un expert ni molt menys puc dir que el domini, l'entengui o em senti còmode amb ell, puc dir que més o menys podria començar a fer programes bàsics, a part d'aquesta habilitat, he millorat moltíssim la meua habilitat de disseny, sigui en pla o en 3d, perquè això de proposar-me crear la meua pròpia mà en 3d m'ha fet adonar de diferents errors de disseny bastant comuns i que feia normalment sense adonar-me i a millorar les proporcions de tot el que dissenyo.

D'altra banda, m'he adonat que no tot es tan fàcil com sempre pensem, recordo que quan em vaig proposar fer una pròtesi a manera de TDR vaig pensar "serà fer quatre peces, passar quatre fils i buscar quatre codis a internet"... Si pogués tornar enrere en el temps, m'avisaria a mi mateix de l'atrocitat que estava a punt de cometre, de tot el que havia de "buscar per internet" no he pogut buscar res, ho he hagut de fer tot jo, de les "quatre peces" que havia d'imprimir en 3d n'he acabat imprimint més de trenta, entre peces i proves i dels "quatre fils" no en puc dir res perquè eren potser la part més fàcil de totes, i encara i així, per culpa dels fils vaig haver de modificar mil cops la pròtesi mioelèctrica.

Però tot aquest esforç, les nits fins a les tres de la matinada picant tecles i fent codis, les tardes senceres modificant dissenys en 3d i sobretot, la meua frustració quan alguna cosa no em sortia bé, t'ensenyen que no hi ha res més gratificant que el treball propi i que la felicitat i il·lusió que obtinc quan una cosa per la qual he lluitat tant surt bé supera absurdament a tota la frustració i cansament que pot arribar a produir un treball de recerca.

Poc més em queda per dir, però m'hauria agradat que la meua pròtesi hagués funcionat sense cap classe de fil, amb un sistema diferent, ja que volia innovar i la meua primera idea va ser crear una pròtesi que funcionés amb diferents motors incorporats, molt semblant a un hexàpode d'Arduino que vaig construir a primer de batxillerat amb qui ara ha estat el meu tutor de TDR, però ara em queda clar, que per a fer les coses més meravelloses i impressionants, primer haig de començar per les més simples i rudimentàries.

9. REFERÈNCIES

9.1 BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

Bluetooth, master i slave (pàg.9):

Alvarez, R. (s. f.). *Configuración del Shield Bluetooth HC-05 en Modo Maestro y Esclavo - Monitoreo y Control*. Tecbolivia.com.

<https://www.tecbolivia.com/index.php/articulos-y-tutoriales-microcontroladores/95-configuracion-del-shield-bluetooth-hc-05-en-modo-maestro-y-esclavo-monitoreo-y-control>

Mioelèctrica (pàg.10):

art01-2d. (s. f.). Unam.mx. <https://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art01/art01-2d.htm>

Com es fan les pròtesis (pàg.31):

Orliman, O. (2015, septiembre 23). *Ortopedia: ¿cómo se fabrican las prótesis?*

Orliman; Orliman S.L.U. <https://www.orliman.com/ortopedia-como-se-fabrican-las-protesis/>

Pròtesis d'Egipte i pròtesis al llarg de la història (pàg.31):

Las prótesis a través del tiempo. (s. f.). NIH MedlinePlus Magazine.

<https://magazine.medlineplus.gov/es/art%C3%ADculo/las-protesis-a-traves-del-tiempo>

Bauds (pàg 16):

Wikipedia contributors. (s. f.). *Baudio*. Wikipedia, The Free Encyclopedia.

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Baudio&oldid=155093746>

9.2 IMATGES

Figura 1:

https://www.amazon.es/Servo-Ligero-Artesan%C3%ADa-Eficiencia-MG996R/dp/B09JKTW88S/ref=sr_1_16?keywords=mg996r&qid=1702594111&sr=8-16&th=1

Figura 1.2:

https://www.amazon.es/Servomotor-Control-Helic%C3%B3ptero-Accesorios-motorreductor/dp/B08C54D1M3/ref=sr_1_28?keywords=micro%2Bservo&qid=1703252574&sr=8-28&th=1

Figura 2:

https://www.amazon.es/AZDelivery-Transceptor-Inalambrico-Transceiver-Compatible/dp/B0722MD4FY/ref=sr_1_1?crd=T9UNP8NANR1X&keywords=bluetooth%2Barduino&qid=1703257134&s=amazon-devices&sprefix=bluetooth%2Bard%2Camazon-devices%2C85&sr=1-1&th=1

Figura 3:

https://www.amazon.es/Walfront-Sensor-electromiogr%C3%A1fico-muscular-conexi%C3%B3n/dp/B08GPQ4J3V/ref=sr_1_2?mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=25JGK4EPLU8YF&keywords=arduino%2Bmuscle%2Bsensor&qid=1704380177&sprefix=arduino%2Bmuscle%2Bsensor%2Caps%2C82&sr=8-2&th=1

Figura 4:

<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

Figura 5:

https://www.amazon.es/unidades-expansi%C3%B3n-Arduino-construcci%C3%B3n-electr%C3%B3nicos/dp/B07YFYW3XG/ref=sr_1_3?crid=2TXZVP840VICS&dib=eyJ2ljoiMSJ9.rEsf3GKHDpBy_N_WYpCGEfxUvV3rw9rwt6Hlyx_OQwtvPbhBLJLd1wSylChxuQtOfTV6aVz-912ddzDIfgCUwA.seYglUOD2k6NZEcg9zDz0x-14eW0dtdxD8oZGWOJs9M&dib_tag=se&keywords=arduino+mega+sensor+shield&qid=1704911562&sprefix=arduino+sensor+shi%2Caps%2C82&sr=8-3

Figura 6:

Carvajal, C. (2022, febrero 1). *Así es el dron que Leonardo da Vinci diseñó hace 530 años, y sí, funciona*. Computer Hoy. <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/dron-leonardo-da-vinci-diseno-hace-530-anos-funciona-1004877>

Figura 7:

Plantas y Hongos. (s. f.). Plantasyhongos.es.

<https://www.plantasyhongos.es/glosario/legumbre.htm>

Figura 8:

el espacio-AEM, H. (s. f.). *A 500 años de la muerte del genio Da Vinci*. Hacia el espacio. Recuperado 10 de enero de 2024, de <https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=980>

Figura 9:

Voltors. (s. f.). Naturalocal.net. <https://naturalocal.net/fr/itineraires-randonnee-catalunya/itineraires-randonnee-barcelona/itineraires-randonnee-lesquirol/cami-ral-de-vic-olot-i-la-riera-de-la-gorga/voltors>

Figura 10:

Stockphoto. (s. f.). *Fish trawler on land during off peak season, ship goes through*. iStock. <https://www.istockphoto.com/es/foto/arrastre-de-pescado-en-tierra-gm495544029-41097594?phrase=quilla+barco&searchscope=image%2Cfilm>

Figura 11:

Peru, N. (2017, noviembre 27). *Sophia, la robot humanoide, quiere formar una familia [VIDEO]*. Peru21. <https://peru21.pe/tecnologia/sophia-robot-humanoide-quiere-formar-familia-385970-noticia/>

10. ANNEXOS

10.1 PLANS DE TREBALL

Des d'aquí podreu veure i accedir als meus plans de treball en 3d a Tinkercad, on es podran veure les idees i prototips de pròtesis.

- 1- <https://www.tinkercad.com/things/85xORu55eIC-pla-dit-prototip?sharecode=dx44IHmSw2VklIsqAH9XVMkwV-Sep2bx1pQL6HnJTk94>
- 2- <https://www.tinkercad.com/things/6n8Wsrqkrp-pla-2-guant-tpu-prototipidea?sharecode=u5m4kJuxk205O88xVkbmeAvSeomUKCLxsAyKSIhfdm0>
- 3- <https://www.tinkercad.com/things/a7iqcz63t2Z-pla-1-prototip?sharecode=0GuTcTzYvni7BVg4NxilDqkicS-FKc1i1iG9R0dqgs>
- 4- <https://www.tinkercad.com/things/jqHrYaOUVTe-base?sharecode=CojJot48YKXM2t3s9SU8yFoeltTUJJQisS27fYXhviM>
- 5- <https://www.tinkercad.com/things/fyNNe4O06S7-pla-1?sharecode=TVQe5aq3EJ72yn9HiV2OtHEagLCr0in12w6hP41OeUY>
- 6- <https://www.tinkercad.com/things/bn7gNe7HRRF-pla-2?sharecode=undefined>
- 7- <https://www.tinkercad.com/things/a9UulhexHHT-pla-3?sharecode=9vesu41FUm3V3tjvb41aMLqQTQrYXApGLdF047iLqIs>

10.2 CODIS

Codi Bluetooth:

```
#include <Servo.h>

#include <SoftwareSerial.h>

double Senyal;
Servo servo_11;
Servo servo_9;
Servo servo_5;
Servo servo_6;
Servo servo_3;
SoftwareSerial bt_serial(1,0);

void victoria() {
    zero();
    delay(2000);
    servo_11.write(180);
    servo_9.write(0);
    delay(500);
    servo_5.write(0);
    servo_6.write(0);
    servo_3.write(0);
}

void fnc_bt_serial_namepin(String _name,String _pin){
    delay(2000);
    bt_serial.print(String("AT+NAME")+_name);
    delay(1000);
    bt_serial.print(String("AT+PIN")+_pin);
    delay(1000);
    while(bt_serial.available()>0)bt_serial.read();
    bt_serial.flush();
}

void pin_C3_A7a() {
    zero();
    delay(2000);
```

```

servo_11.write(165);
servo_9.write(0);
delay(500);
servo_5.write(180);
servo_6.write(165);
servo_3.write(180);
}
void Close() {
    zero();
    delay(2000);
    servo_11.write(180);
    servo_9.write(0);
    delay(500);
    servo_5.write(180);
    servo_6.write(180);
    servo_3.write(180);
}
void ok() {
    delay(2000);
    zero();
    servo_11.write(120);
    servo_9.write(90);
    delay(500);
    servo_5.write(165);
    servo_6.write(180);
    servo_3.write(0);
}
void zero() {
    servo_11.write(0);
    servo_9.write(90);
    servo_5.write(0);
    servo_6.write(0);
    servo_3.write(0);
}
void Mid() {
    zero();
    delay(2000);
    servo_11.write(180);
    servo_9.write(0);
    delay(600);
    servo_5.write(0);

```

```

    servo_6.write(180);
    servo_3.write(180);
}

void assenyala() {
    zero();
    delay(2000);
    servo_11.write(180);
    servo_9.write(0);
    delay(500);
    servo_5.write(180);
    servo_6.write(0);
    servo_3.write(180);
}

void Open() {
    zero();
    delay(2000);
    servo_11.write(0);
    servo_9.write(90);
    servo_5.write(0);
    servo_6.write(0);
    servo_3.write(75);
}

void setup()
{
    servo_11.attach(11);
    servo_9.attach(9);
    servo_5.attach(5);
    servo_6.attach(6);
    servo_3.attach(3);

    bt_serial.begin(9600);

    fnc_bt_serial_namepin(String("Robohand"),String("0000"));
}

void loop()
{

```

```

if ((bt_serial.available()>0)) {
    Senyal = bt_serial.read();
    if ((Senyal == 1)) {
        Open();
    }

    if ((Senyal == 2)) {
        Close();
    }

    if ((Senyal == 3)) {
        victoria();
    }

    if ((Senyal == 4)) {
        ok();
    }

    if ((Senyal == 5)) {
        assenyala();
    }

    if ((Senyal == 6)) {
        pin_C3_A7a();
    }

    if ((Senyal == 7)) {
        Mid();
    }

}

}

```

Codi mioelèctric:

```

#include <Servo.h>
#define threshold 170

```

```

#define EMG_PIN 0
Servo servo_1;
Servo servo_2;
Servo servo_3;
Servo servo_4;

void setup () {

    Serial.begin(9600);

    servo_1.attach(3);
    servo_2.attach(4);
    servo_3.attach(5);
    servo_4.attach(6);
}

void loop () {

    int value = analogRead(EMG_PIN);

    if (value > threshold) {

        servo_1.write(180);
        servo_2.write(180);
        servo_3.write(180);
        servo_4.write(180);
    }

    else{

        servo_1.write(0);
        servo_2.write(0);
        servo_3.write(0);
        servo_4.write(0);
    }

    Serial.println(value);}

```

10.3 CONTINGUT EXTRA

Aquí podreu gaudir de diversos continguts que mostren en que em vaig inspirar, alguns esboços a mà alçada i imatges de les pròtesis.

