
Millora i motorització del disseny d'una pròtesi de mà de baix cost a partir d'impressió 3d.

Evolució de la prostètica i conceptes biònics en
aplicació pràctica.

Curs: 1r BATX - 2n BATX

Any: 2017-2018

Girona, Octubre 2018

Abstract

Actualment el món de la prostètica està creixent de manera desmesurada. Però, quin és el repte principal? Degut a la complexitat de les pròtesis, aquestes tenen un elevat preu.

A partir d'aquest problema s'ha investigat sobre com millorar una pròtesi de mà creada a partir d'una impressora 3D i com motoritzar-la per a poder incrementar-ne el rendiment i la funcionalitat. Per a poder realitzar aquest procés la programació, a través de l'Arduino, agafa un paper molt important. Un aspecte a tenir en compte és que al ser impreses les pròtesi es podran fer a mida per a cada amputat.

El resultat d'aquest treball i el prototip que d'aquest se'n deriva permeten concloure que la creació d'un dispositiu capaç de fer la funció de pinça és viable.

Aquest fet pot resultar, en molts casos, una millora notable en les condicions de vida de les persones usuàries

Nowadays the world of prosthetics is evolving really fast. But, where is the main challenge they have to face with? The prosthesis has a high level of complexity, that's why they are so expensive.

Beginning with this problem an investigation has been done. This investigation looked up for a better way to improve a hand prosthesis printed by a 3D printer and how to motorize it so that it can increase the performance and the functionality. To perform this proceeding programming, through Arduino, takes a very important aspect. One important aspect is that, because they are printed, the prosthesis can be customized.

The result of this project and the prototype which this one comes from, makes visible that the creation of a device with the capability of doing the pincer grip is possible.

This fact can, in most of the cases, a significant improvement in the life conditions of the users of the instrument.

Keywords: Bionic, 3D Printer, low-cost prosthetic limb, Arduino.

Índex

I. Introducció i objectius.....	5
II. Biònica	7
III. Pioners.....	9
IV. Història de les pròtesis des de l'antiguitat fins al s.XXI.....	11
A. Període comprès entre 424 a.C - 1 a.C.....	12
B. Edat Mitjana (476-1492).....	12
C. Renaixement (1492-1789).....	12
V. Pròtesis, tipus i funcions	16
A. Tipus de pròtesi	17
1. Classificacions.....	17
B. Funcions i objectius	19
VI. Conceptes anatòmics i mecànics	21
A. Conceptes mecànics musculars	21
VII. Anatomia extremitat superior	22
A. Ossos extremitat superior	22
B. Musculatura de l'avantbraç	23
1. Flexors superficials i profunds	23
2. Musculatura radial	26
3. Extensors superficials i profunds.....	29
C. Músculs curts de la mà.....	32
1. Musculatura Tènar i Hipotènar.....	32
2. Musculatura del metacarp	35
VIII. Fundacions que col·laboren amb el món de les pròtesis.....	37
A. Fundacions	37
B. Associació ANDADE	38
IX. MYO armband.....	39
A. Moviments controlats per Myo Armband	39
X..... Solució proposada	
.....	44
A. Disseny de la solució	44

B.	Muntatge de la mà.....	46
C.	Programació.....	50
1.	Termes a definir.....	50
2.	Introducció al codi.....	51
D.	Discussió.....	59
•	Arduino.....	59
•	Motor.....	59
•	Problemes amb el plàstic i l'extrusor.....	59
•	Dificultat per a col·locar el polze a la mà impresa en 3d.....	60
•	Preu.....	61
•	Prototip.....	61
XI.	Conclusions.....	62
XII.	Agraïments i Fonts documentals.....	63
XIII.	Índex d'Il·lustracions.....	68

I. Introducció i objectius

El motiu principal pel qual he escollit aquest treball és l'afició cap al món tecnològic i cap al benestar social, fet que és evident en el tema del treball, la creació d'una pròtesi de baix cost, és a dir, una forma de fer més accessible la prostètica a tota la població.

Cada cop apareix més sovint aquest tema a les notícies i als diaris però, en sabem suficient? Em vaig plantejar aquesta pregunta i la meva resposta va ser que no. Cal investigar i invertir més en aquest camp per millorar les condicions de vida d'una àmplia part de la població mundial, que pot necessitar aquests dispositius per a poder viure amb normalitat i amb les mateixes condicions que la majoria de persones. Per totes aquestes raons vaig voler fer el Treball de Recerca sobre aquest tema.

En un inici volia crear una pròtesi mecanitzada de baix cost per a països subdesenvolupats, però un problema molt evident va aparèixer en el mateix plantejament. Aquesta pròtesi conté elements electrònics, i abans de poder invertir en estris sofisticats, seria convenient solucionar les mancances en les necessitats socials més primàries, com un bon sistema de clavegueram, electricitat, escoles, sanitat... Per tant, la inversió s'hauria de destinar amb l'objectiu d'avançar, d'equilibrar les societats que, tot i compartir necessitats, estan separades per una frontera econòmica que sembla insuperable.

Actualment hi ha organitzacions com Trucosoptimistas que envien pròtesis simples realitzades a partir d'impressores 3D. Aquestes són de baix cost i no contenen elements electrònics i poden canviar notablement les condicions de vida de la població amb malalties o amputacions.

Els objectius principals que vull assolir amb aquest projecte són:

- Confeccionar una pròtesi funcional de baix cost a partir d'una impressora 3D, un braçalet "*myo*" i la programació necessària (a través d'Arduino) per a poder unir aquests dos components. L'objectiu de la pròtesi és poder realitzar el moviment de pinça.
- Conscienciar la població de la necessitat d'investigar en el camp de la biònica per garantir l'evolució científico-tecnològica necessària per a suplir les mancances existents a nivell social i moral.

II. Biònica

Com a definició podem dir que la biònica (“*bio*”, vida; “*nica*” relatiu al mot electrònica) es la ciència capaç de construir sistemes artificials amb capacitats molt similars a les dels éssers vius.

El terme “biònica” es va emprar per primera vegada el 1958 per el doctor Jack Steele. Tot seguit va començar a popularitzar-se a través de diverses series televisives com “L’home dels sis milions de dòlars” (“L’home nuclear” a Hispanoamèrica) i la “Dona Biònica” a la dècada dels 70.



Il·lustració 1: Símil entre mà biònica i mà humana

La biònica, és una distinció de la bioenginyeria o biotecnologia, la qual consisteix en l’ús de les formes de vida per a realitzar diverses tasques industrials, com l’ús de microorganismes capaços de concentrar metalls de minerals de poca qualitat. Tot i ser considerada una vessant de l’enginyeria pot aplicar-se a qualsevol camp, per exemple l’arquitectura, les ciències naturals... Els investigadors del camp de la biònica han trobat que es molt més avantatjós entendre els principis de com les coses funcionen a la natura que copiar detalls sense saber quins són els seus fonaments.

Un dels camps més complexos de la biònica es la relació entre el cervell i un ordinador, la principal diferència entre els quals és la forma segons la qual s’organitza la memòria. El principal problema en la majoria de casos està en com es transmet la informació després d’haver estat emmagatzemada. La segona diferència més important entre òrgan i màquina és el rigor que hi ha a l’hora de realitzar càlculs difícils. Un ordinador és capaç de treballar amb molta precisió mentre que el cervell agafa la informació que rep

a través dels òrgans sensorials i, per tant, no es pot centrar en una informació concreta però és capaç d'analitzar-ne molta en un mateix moment.

Actualment aquesta disciplina es pot estudiar a nivell universitari a Alemanya i Mèxic, tot i que a Estats Units, Japó, Regne Unit i Espanya hi ha especialitzacions en biorobòtica i investigació a nivell de postgrau.

Sense cap tipus de dubte, la biònica continuarà desenvolupant-se durant els següents anys. Els seus límits estan marcats per l'enorme diversitat biològica que existeix a la Terra, pel que la quantitat de sistemes biològics a estudiar (i aprofitar) són incalculables en aquests moments.

III. Pioners

Alguns dels noms dels pioners en aquest camp que s'obre camí en el món de la investigació són Hug Herr i Luís Armando Bravo. També cal incloure a persones que tenen un gran futur per endavant com David Aguilar.

Hugh Herr: Professor del MIT¹

Un dels casos de superació més impactants que he tingut la sort de descobrir a través d'aquest projecte és el cas del professor del MIT Hugh Herr. Actualment és una de les personalitats més reconegudes en el camp de la Ciència.

El mateix Herr porta les seves pròpies pròtesis (unes cames biòniques tecnològicament avançades, inspirades en el moviment humà). El sistema mecànic d'aquestes aconsegueix una marxa més natural i no suposa un augment d'esforç físic tant elevat respecte a altres dispositius .



Il·lustració 2: Hugh Herr amb les seves cames biòniques

Hug Herr va perdre les dues extremitats inferiors als 17 anys en quedar-se atrapat durant tres nits al barranc de Hungtinton a unes temperatures molt baixes, fet que va portar a que li amputessin les dues cames. Va ser en aquell moment que va començar a treballar en l'estudi de disseny de peces prostètiques per a poder tornar a escalar i ajudar altres persones que, com a ell, els faltava alguna extremitat.

L'evolució de les seves pròtesis va començar a partir de les que va rebre al principi. En no estar satisfet, va decidir millorar-les. Vuit anys després de patir l'accident es va llicenciar en física a la Universitat de Millersvile a Pensilvania, més tard es va graduar en Enginyeria Mecànica a l'Institut Tecnològic de Massachussets (MIT), es va doctorar

¹ Massachusetts Institute of Technology

en Biofísica a la universitat de Harvard i actualment dirigeix el grup de recerca biomecànica del MIT.

Després de tota aquesta trajectòria formativa i pels nombrosos estudis realitzats, aquest enginyer mecànic i biofísic americà dirigeix el grup de Biomecatrònica al MIT, on crea aquestes pròtesis tant avançades.

Luís Armando Bravo: Creador de Probionics²

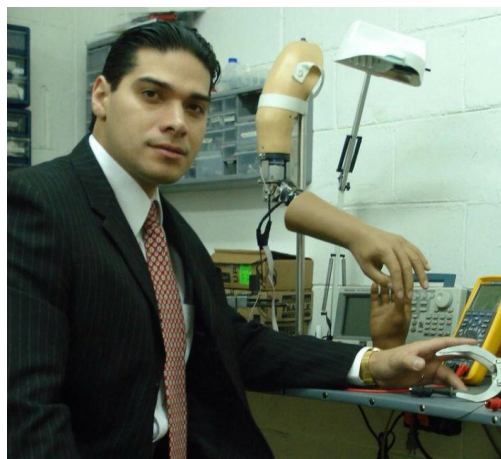
El següent cas ens fa veure que no cal treballar al MIT per a poder millorar la vida de nombroses persones. Luís Armando Bravo va fundar l'empresa Probionics, dedicada a la creació de pròtesis, la seu de la qual es troba a Mèxic.

Les parts del cos que més es perden a Mèxic són els membres inferiors, majoritàriament degut a la diabetis. També hi trobem nombrosos casos de pèrdues d'extremitats superiors causats per accidents laborals i d'automòbil.

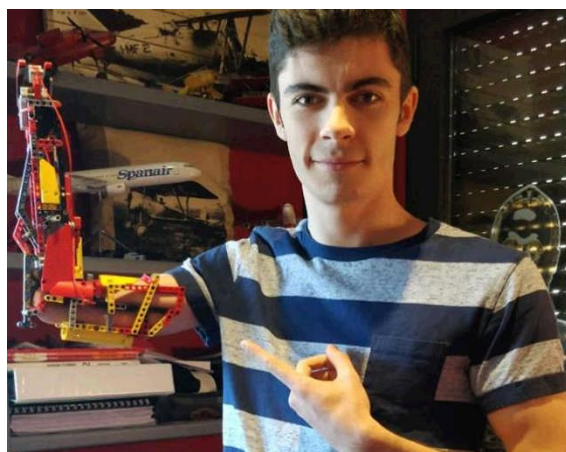
Les pròtesis que crea l'empresa Probionics són molt més econòmiques que la resta, amb preus entre 6 i 12 vegades més baixos.

David Aguilar

Es poden realitzar pròtesis sense haver cursat varis anys d'estudis a la universitat? La resposta és que sí, i es pot veure en la història d'en David Aguilar, un andorrà de 18 anys. Aquest presenta una malformació al braç dret, fet que va portar a que no desenvolupés correctament l'avantbraç i la mà. De la seva passió per la tecnologia, n'ha fet una autèntica vocació al crear-se la seva pròpia pròtesi.



Il·lustració 3: Luís Armando Bravo i una pròtesi d'extremitat superior. Tot i que per a poder implantar una pròtesi fan falta molts coneixements, molta tècnica i diversos especialistes, és creu que si es milloren tots aquests aspectes, la vida de molta gent podrà arribar a millorar exponencialment.



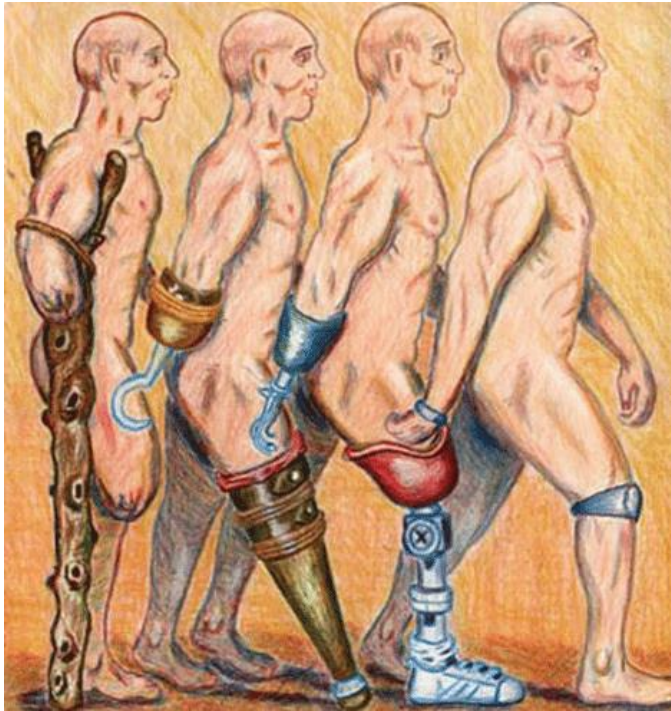
Il·lustració 4: David Aguilar i el seu braç bionic creat a partir de les peces de LEGO®. Aquest és funcional i permet agafar diversos objectes lleugers. El que en un inici va ser una joguina li ha acabat canviant la vida completament.

² <http://www.probionics.com.mx/>

IV. Història de les pròtesis des de l'antiguitat fins al s.XXI

De de ja fa molts anys, passant per les piràmides de l'antic Egipte fins a la Primera Guerra Mundial, el món de les pròtesis ha anat evolucionant i s'ha anat transformant en un exemple sofisticat de la voluntat de l'home per a poder millorar davant les adversitats de la vida.

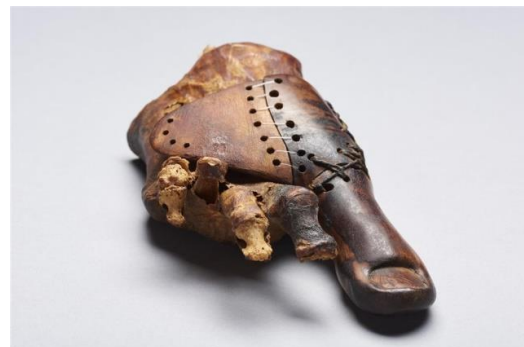
Aquesta evolució ha estat llarga i plena d'històries. D'uns principis primitius fins a increïbles visions del futur. Com en tots els camps d'investigació hi ha hagut idees que han funcionat exitosament, com el peu en posició fixa, mentre que n'hi ha d'altres que



han fracassat i s'han quedat obsoletes, com l'ús del ferro a les pròtesis. Hi ha hagut molts canvis des dels inicis, i és per això que avui en dia només les millors idees ens han arribat.

Il·lustració 5: Representació gràfica de l'evolució de les pròtesis al llarg de la història

Podem dir que els egipcis van ser els pioners en l'ús de la tecnologia prostètica. Les primeres pròtesis eren creades a partir de fibres i es creu que s'utilitzaven amb una finalitat estètica i no per a la funció que podien arribar a realitzar.



Il·lustració 6: Primeres pròtesis trobades (Egipte)

A. Període comprès entre 424 a.C - 1 a.C

Al 1858 es va desenterrar a Capua (Itàlia) una cama artificial que data aproximadament del 300 a.C. Estava creada a partir de ferro i bronze i aparentment es va utilitzar per a substituir un membre inferior per sota del genoll.

Tenim noció d'aquestes dates ja que s'han anat trobant obres i històries d'antics pensadors. Un exemple seria el de l'historiador i geògraf grec Heròdot d'Halicarnàs que el 424 a.C va escriure una història sobre un vident persa condemnat a mort que, abans que es pogués complir la seva sentència, va fugir després d'amputar-se el peu i substituir-lo per una plantilla prostètica de fusta per a poder caminar 49 quilòmetres fins el poble més proper.

B. Edat Mitjana (476-1492)

Més endavant, entre el **476 i el 1000 d.c.**, durant l'Alta Edat Mitjana, es van produir molts pocs avenços en el camp de la prostètica degut a que es va establir una forta relació entre la ciència i la religió. Tot i això, cal dir que també n'hi havia, de pròtesis. La majoria s'utilitzaven per a amagar deformitats o ferides produïdes al camp de batalla. A un cavaller se li posava una pròtesis creada específicament per a poder agafar un escut i així l'enemic no podria veure les mancances del seu rival. Fora del camp de batalla només els rics es podien permetre les pròtesis més luxoses i avançades de l'època, la pota de pal i el garfi.

Va ser a finals de la Edat Mitjana quan aquestes van començar a millorar i això va passar quan els comerciants van pensar en obtenir-ne un benefici econòmic. Dels comerciants cal destacar la gran habilitat dels rellotgers per a poder afegir funcions internes a través de complicats mecanismes a partir d'engranatges.

C. Renaixement (1492-1789)

Entre **1400 i 1800** va ser el sorgiment de noves perspectives per a l'art, la filosofia, la ciència i la medicina. Recuperant els coneixements sobre les pròtesis dels antics grecs i romans es va produir un canvi en la creació d'aquestes. A partir d'aquest moment es fabriquen amb ferro, acer, coure i fusta.

Al s.XVI podem dir que hi va haver un salt cap a la millora del rendiment i de les funcions de les pròtesis ja que no complien un objectiu estètic sinó que ja començaven a ser funcionals.

Al **1508** es van crear un parell de mans de ferro tecnològicament avançades per al mercenari alemany Götz von Berlichingen després de perdre el braç dret a la batalla de Landshut. Aquesta pròtesi li permetia controlar els dits, a diferència de les peces estàtiques anteriors a aquest moment. La pròtesi anava fixada a la mà natural i permetia realitzar moviments anatòmics gràcies a una sèrie de mecanismes creats a partir de molles, cordes de cuir i garfis. Amb aquesta mà (que va anar evolucionant) va ser capaç d'agafar primer una espasa i posteriorment escuts, escriure amb una ploma i moltes coses més que li van permetre normalitzar la seva vida.

A mitjans d'aquest segle va aparèixer el que per a molts és el pare de la cirurgia d'amputacions i de disseny prostètic moderns, el barber i cirurgià de l'exèrcit francès Ambroise Paré. Va introduir procediments moderns d'amputació al **1529** a la comunitat mèdica i va elaborar pròtesis per a amputats d'extremitats superiors i inferiors (**1536**). Amb l'ajuda d'un manyà francès anomenat Lorrain, va dissenyar unes pròtesis formades a partir de cuir, paper i cola en lloc del ferro pesat que s'havia utilitzat fins aquell moment.



Il·lustració 7: Götz von Berlichingen i la pròtesi que va crear

A partir de les aportacions d'aquests científics els següents models creats són realitzats amb encaixos i altres mecanismes. Un exemple molt innovador va ser el del londinenc James Potts que al 1800 va crear una cama de fusta amb encaixos amb una articulació de genoll d'acer i un peu articulat amb "tendons" a través d'una corda creada a partir de budells de gat. Aquesta es va fer famosa com a "La cama d'Anglesey" que va rebre aquest nom del seu usuari el marquès d'Anglesey, que havia perdut l'extremitat a la batalla de Waterloo.



Il·lustració 8: Cama d'Anglesey. El 1839, aquest mateix model va ser enviat als EE.UU per William Selpho, d'aquí que també es conegui com "La Cama de Selpho" (la qual va anar millorant al llarg dels anys)

Uns anys més tard al 1843 Sir James Syme va descobrir un nou mètode d'amputació de turmell que no implicava una amputació a l'altura de la cuixa. Aquesta tècnica va ser rebuda dins la comunitat d'amputats amb gran interès ja que representava la possibilitat de poder tornar a caminar amb una pròtesis de peu en lloc d'una de tota la cama.



Il·lustració 9: Sir James Syme

A Amèrica no es van començar a crear pròtesis fins a arribar la Guerra Civil. Durant aquesta, el nombre d'amputacions incrementava de manera exponencial, fet que va obrir les portes al món de la prostètica als americans degut a la necessitat de millorar la vida de la població. Un dels primers amputats d'aquesta guerra va ser James Hanger. Aquest va desenvolupar i patentar més tard el que es va conèixer com a "Extremitat Hanger" creada a partir de les anelles metàl·liques dels barrils. A diferència de la Guerra Civil, durant la Primera Guerra Mundial aquest camp no es va veure tant potenciat, fet que va causar el rebuig dels soldats i va promoure la creació de l'Associació Nordamericana d'Ortopròtesis (AOPA en anglès).



Il·lustració 10: "Extremitat Hanger"

Després de la Segona Guerra Mundial els soldats continuaven descontents per la ineficiència de la tecnologia en el món militar, ja que continuaven creant armament i no pròtesis. Finalment el govern americà s'hi va implicar i va fer un pacte amb les companyies militars per a que poguessin millorar la funció prostètica en lloc de l'armamentística. Aquest fet va aplanar el camí per als següents científics, que van començar a investigar en aquesta disciplina. Actualment les pròtesis estan formades a partir de materials poc pesants com alumini i plàstic, entre altre. Se'n prioritza la funcionalitat. És per això que es dissenyen segons cada cas mèdic.

Actualment les pròtesis permeten als amputats amb recursos econòmics recuperar la vida que tenien abans i continuar el dia a dia d'una manera funcional i amb menys complicacions.

V. Pròtesis, tipus i funcions

Segons l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) una pròtesi consisteix en una addició al cos humà d'una peça o d'un aparell artificial que reemplaça un òrgan o part d'un òrgan que manca, com una dent, una cama... D'altra banda la Real Acadèmia Española (RAE) ens diu que una pròtesi consisteix en una peça, aparell o substància que es col·loca en el cos per millor alguna de les seves funcions, o amb funcions estètiques, juntament amb una definició similar a la primera, és a dir, que és un procediment mitjançant el qual es repara artificialment la falta d'un òrgan o part d'aquest (exemple: una dent, un ull...).



Il·lustració 11: Quatre pròtesis de membres inferiors

Si analitzem tots els tipus d'aparells que es poden implementar en un organisme per a substituir una mancança de qualsevol tipus trobem:

- Membres artificials
- Pròtesis auditives o auxiliars auditius
- Pròtesis maxil·lofacials
- Pròtesis oculars
- Pròtesis dentals
- Pròtesis facials
- Pròtesis sexuals



Il·lustració 12: Pròtesi dental

En aquest treball em centraré en el primer grup, els membres artificials.

A. Tipus de pròtesi

Si comencem a diferenciar entre els tipus d'aparells i a on es poden inserir podem veure que aquests estan dividits en:



Il·lustració 13: Exemples d'ortesis

1. Classificacions

a) *Membre superior*

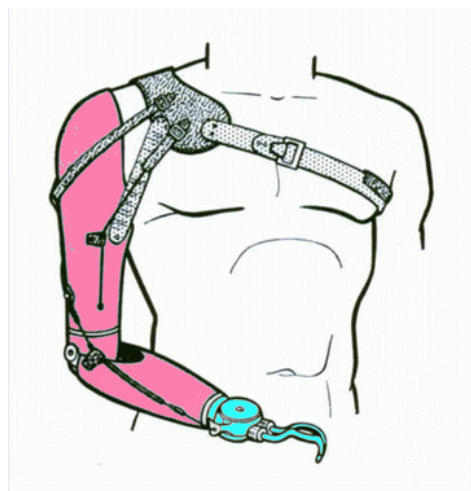
(1) Segons nivell d'amputació

- Parcial de mà
- Desarticulats (espatlla, colze, canell)
- Transhumeral
- Transradial

(2) Segons funcionalitat

- Passives (cosmètiques): Serveixen per a restablir l'aspecte exterior, han de satisfer les exigències del pacient amb respecte a la conformació, aspecte, confort i pes de la pròtesi.
- Actives (funcionals): Utilitzen sistemes de cables comandats per moviments del monyó o de la cintura escapular.

- Ortesi: qualsevol dispositiu aplicat externament sobre el cos humà, que s'utilitza per a modificar les característiques estructurals o funcionals del sistema musculoesquelètic.
- Pròtesi: aparell extern utilitzat per a substituir total o parcialment un segment d'un membre absent o deficient. Queden inclosos tots els aparells que tenen una part a l'interior del cos per necessitats estructurals / funcionals.



Il·lustració 14: Pròtesis de membre superior transhumeral híbrida (Poden utilitzar un colze de control mecànic i un dispositiu terminal (garfi/mà) de control mioelèctric o un colze controlat elèctricament i un dispositiu terminal de control mecànic).

(3) Segons la font d'energia que utilitzen

- Mecàniques o d'energia corpòria (convencionals): són activades per la força pròpia corporal.
- Mioelèctriques o d'energia extracorpòria: funcionen a partir de les contraccions dels músculs dels monyons, aquestes són recollides per elèctrodes, amplificats i enviats com a senyals de control dels elements funcionals.³
- Híbrides o d'energia mixta: Combinació de sistemes de força pròpia (corpòria) i de força aliena (extracorpòria), són utilitzades principalment per amputats transhumerals.

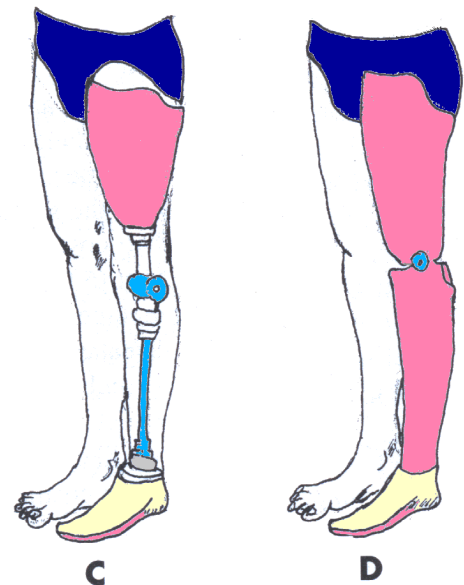
a) **Membre inferior**

(1) Segons nivell d'amputació:

- Hemipelvectomia: amputació a nivell de la pelvis i/o del maluc.
- Pròtesis per sobre del genoll (transfemoral)
- Pròtesis per sota del genoll (transtibial)
 - Desarticulades (maluc, genoll, turmell...)
 - Amputacions parcials de peu

(2) Segons com estan constituïdes

- Convencionals: Formades per una sola peça.
- Modulars: Formades per dues o més peces (tenen més mobilitat i es poden orientar millor).



Il·lustració 15. Pròtesis de membre inferior transfemoral

³ L'objectiu final d'aquest treball és crear un prototip de pròtesi mioelèctrica.

(3) Segons característiques estructurals

- Endopròtesis (pròtesis articulars: genoll, maluc...)
- Exopròtesis (pròtesis de membres superiors- inferiors)

B. Funcions i objectius

Cada pròtesi té un seguit de finalitats adaptades a cada pacient ja que cada una d'aquestes és creada específicament per a cada cas clínic. Els objectius principals de qualsevol pròtesi, tant per a un membre inferior com per a un membre superior són: **funcionals, estètiques i psicològiques.**

Com a objectiu **estètic** fonamental es presenta la finalitat de restituir l'aspecte corporal extern que es perd com a conseqüència d'una amputació, intentant que la pròtesis quedi el més integrada possible dins de la morfologia corporal del pacient.

Com a objectiu **psicològic** i relacionat amb l'objectiu estètic, es pretén aconseguir el màxim del restabliment de la imatge corporal, amb la finalitat de superar els sentiments de pèrdua de l'esquema corporal i les inseguretats en les relacions amb el món exterior.

Per últim, com a objectiu **funcional**, consisteix en tornar a tenir la capacitat de realitzar una o varies funcions que havien estat limitades degut a l'amputació del membre afectat.

Aquestes funcions es classifiquen en **principals i secundàries.**

Dins el grup de les principals es pretén assolir:

- Al membre superior: realitzar la prensió, l'alliberació, el transport i poder arribar a qualsevol objecte que es trobi a qualsevol punt.
- Al membre inferior: la funció principal és recuperar el recolzament, tant estàtic com dinàmic, l'avanç del centre de gravetat corporal durant la marxa, l'esmoreïment dels impactes i l'estabilitat d'aquests durant el recolzament.

Dins del grup de les funcions secundàries trobem:

- La capacitat d'ancoratge/suspensió de la pròtesi: necessària ja que aquesta, com a element extern de l'organisme, s'ha de fixar correctament per a evitar els desplaçaments en el monyó.

- El restabliment de l'equilibri o simetria de la massa corporal, perduda amb l'amputació de l'extremitat. Les pròtesis han de redistribuir el centre de gravetat corporal, aconseguir l'optimització d'energia amb un pes adequat.

VI. Conceptes anatòmics i mecànics

Per a poder entendre una de les parts més tècniques del treball cal explicar alguns conceptes anatòmics i mecànics referents a tot el cos. Aquesta informació és necessària per a poder saber de que estem parlant a la hora de realitzar el prototip final.

A. Conceptes mecànics musculars

Flexió: Quan parlem d'aquest terme en anatomia ens referim al moviment pel qual els ossos o altres parts del cos s'aproximen entre si paral·lelament al pla sagital (pla que travessa el cos dividint-lo en un costat dret i un esquerra). Per exemple el bíceps braquial (aproxima l'avantbraç al braç).

Extensió: És un moviment de separació entre ossos o parts del cos, en direcció anteroposterior (cap al centre del cos, en aquest cas la cintura). És l'oposat a la flexió. Per exemple, és una extensió l'allunyament de l'avantbraç i el braç.

Abducció: És el moviment de separació d'una part del cos respecte al pla sagital. Per exemple, caiguts els braços al costat del cos, elevar els braços en forma de creu.

Adducció: És el moviment pel qual una part del cos s'aproxima al pla sagital. Per exemple posats els braços en creu, deixar-los caure. L'adducció és el moviment contrari a l'abducció.

Pronació: És el moviment de rotació de la mà que porta el palmell de fora cap a dins.

Supinació: És aquell moviment de l'avantbraç pel qual es dirigeix el palmell de la mà cap amunt o cap endavant. (Rotació de la mà de dins cap a fora).

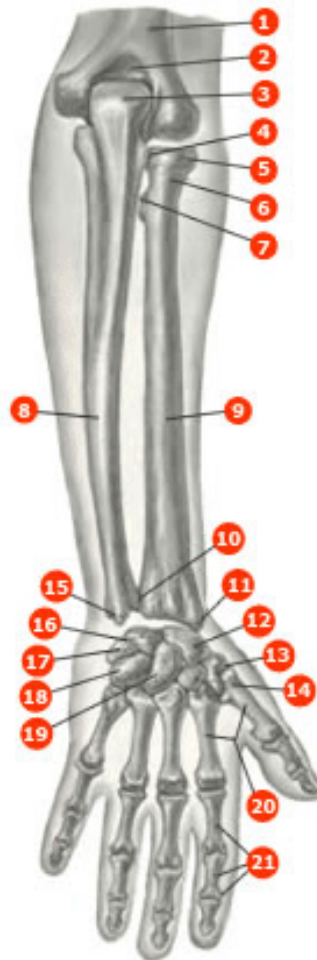
Oposició: L'oposició del polze consisteix en una combinació d'accions que permet que la punta del polze toqui el centre del palmell de la mà i la polpa dels altres dits. Específicament, aquesta acció fa que el palmell de la mà adquireixi forma de copa. (Aquest tipus de moviment només el pot realitzar el polze)

VII. Anatomia extremitat superior

A. Ossos extremitat superior

Extremitat superior: Ossos del braç

- 1 húmer
- 2 cavitat olecraniana
- 3 olècran
- 4 articulació radiocubital superior
- 5 cap del radi
- 6 coll del radi
- 7 tuberositat bicipital
- 8 cúbit
- 9 radi
- 10 articulació radiocubital inferior
- 11 apòfisi estiloide del radi
- 12 escafoide
- 13 trapezi
- 14 trapezoide
- 15 apòfisi estiloide del cúbit
- 16 semilunar
- 17 piramidal
- 18 os ganxut
- 19 os gran
- 20 metacarpians
- 21 falanges



Il·lustració 16: Ossos de l'avantbraç i la mà.

B. Musculatura de l'avantbraç

Per a poder entendre les graelles que hi ha a continuació⁴ cal saber algun concepte com:

- *Origen*: lloc on s'origina el múscul
- *Inserció*: lloc on s'uneix l'extrem final del múscul
- *Funció*: finalitat del múscul
- *Innervació*: nervi que hi ha associat al múscul

Aquest apartat ha estat tutoritzat per al Dra. Anna Carrera del departament d'anatomia de la Facultat de medicina de la Universitat de Girona (UdG)⁵.

1. Flexors superficials i profunds

a) Superficials

Pronador rodó	
Origen	Cap humeral: Epicòndil medial de l'húmer Cap cubital: Apòf. Coronoides del cúbit
Inserció	Cara lateral del radi (distal a la inserció del M.supinador)
Funció	Art. del colze: lleugera flexió Art. d'avantbraç: pronació
Innervació	N. mitjà (C6)

M. Flexor superficial dels dits	
Origen	Cap humeral: : Epicondi medial de l'húmer Cap cubital: Apòf. Coronoides del cúbit Cap radial: distal a la tuberositat del radi
Inserció	Als dos costats de la falange mitja dels dits 2-5
Funció	Art. del colze: lleugera flexió Art del canell, metacarpofalàngiques i interfalàngiques proximals dels dits 2-5
Innervació	N. mitjà (C7-T1)

⁴ Extremitats del llibre d'anatomia: "Prometheus: texto y atlas de Anatomia" / Michael Schúnke, Erik Schulte, Udo Schumacher.-3ª ed. Buenos Aires; Madrid : editorial Médica Panamericana (2010).

⁵ Veure Annex 3

M. Flexor radial del carp	
Origen	Epicòndil medial de l'húmer
Inserció	Base del H. Metacarpia II (a vegades, de forma suplementària en el metacarpia III)
Funció	Art. del canell: Flexió i desviació radial
Innervació	N. mitjà (C6-8)

Flexor cubital del carp	
Origen	Cap humeral: Epicòndil medial de l'húmer Cap cubital: Olècranon del cúbit
Inserció	Garfi de l'ós garfis, base del metacarpia V, ós pisiforme (com un ós sesamoide)
Funció	Art. del canell: Flexió i desviació cubital
Innervació	N. Cubital (C8-T1)

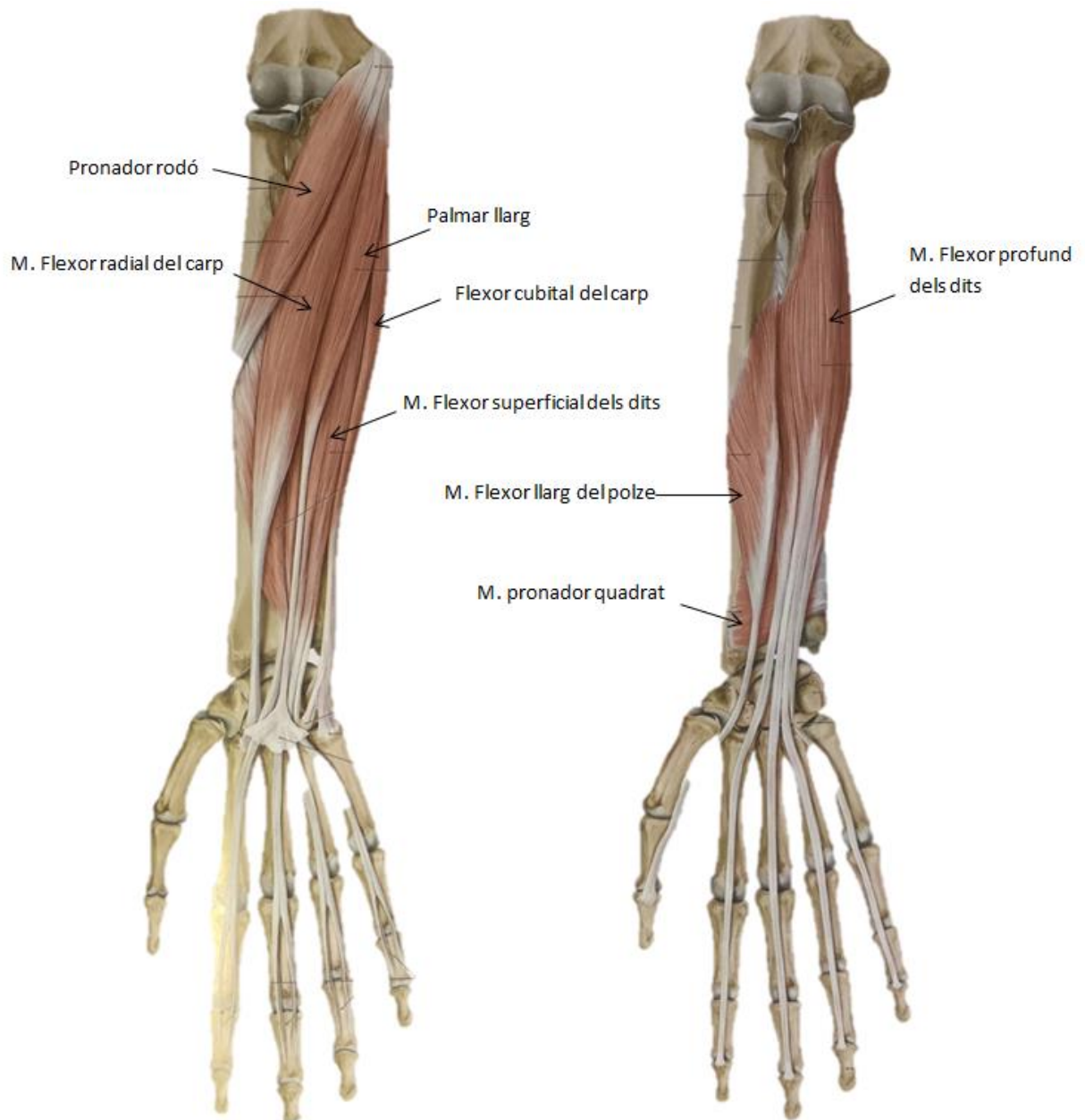
Palmar llarg	
Origen	Epicòndil medial de l'húmer
Inserció	Aponeurosis palmar
Funció	Art. del colze: Lleugera flexió Art. del canell: Flexió palmar, tensa la aponeurosis palmar
Innervació	N. mitjà (C8-T1)

b) Profunds

M. Flexor profund dels dits	
Origen	2/3 proximals de la cara flexora del cúbit i regions adjacents de la membrana interòssia
Inserció	Cara palmar de les falanges distals dels dits 2-5
Funció	Arts. Del canell, metacarpofalàngiques i interfalàngiques dels dits 2-5: Flexió
Innervació	N. mitjà (porció radial, dits 2-3) C7-T1 N. cubital (porció cubital, dits 4-5) C8-T1

M. Flexor llarg del polze	
Origen	Cara anteromedial del radi, regions adjacents de la membrana interòssia
Inserció	Cara palmar de la falange distal del polze
Funció	Art. del canell: flexió i desviació radial Art. en cadira de muntar del polze: oposició Art. metacarpofalàngica i interfalàngica del polze: flexió
Innervació	N. mitjà (C6-8)

M. pronador quadrat	
Origen	Quart distal de la cara anterior del cúbit
Inserció	Quart distal de la cara anterior del radi
Funció	Pronació, estabilitza l'articulació radiocubital distal
Innervació	N. mitjà (C8-T1)



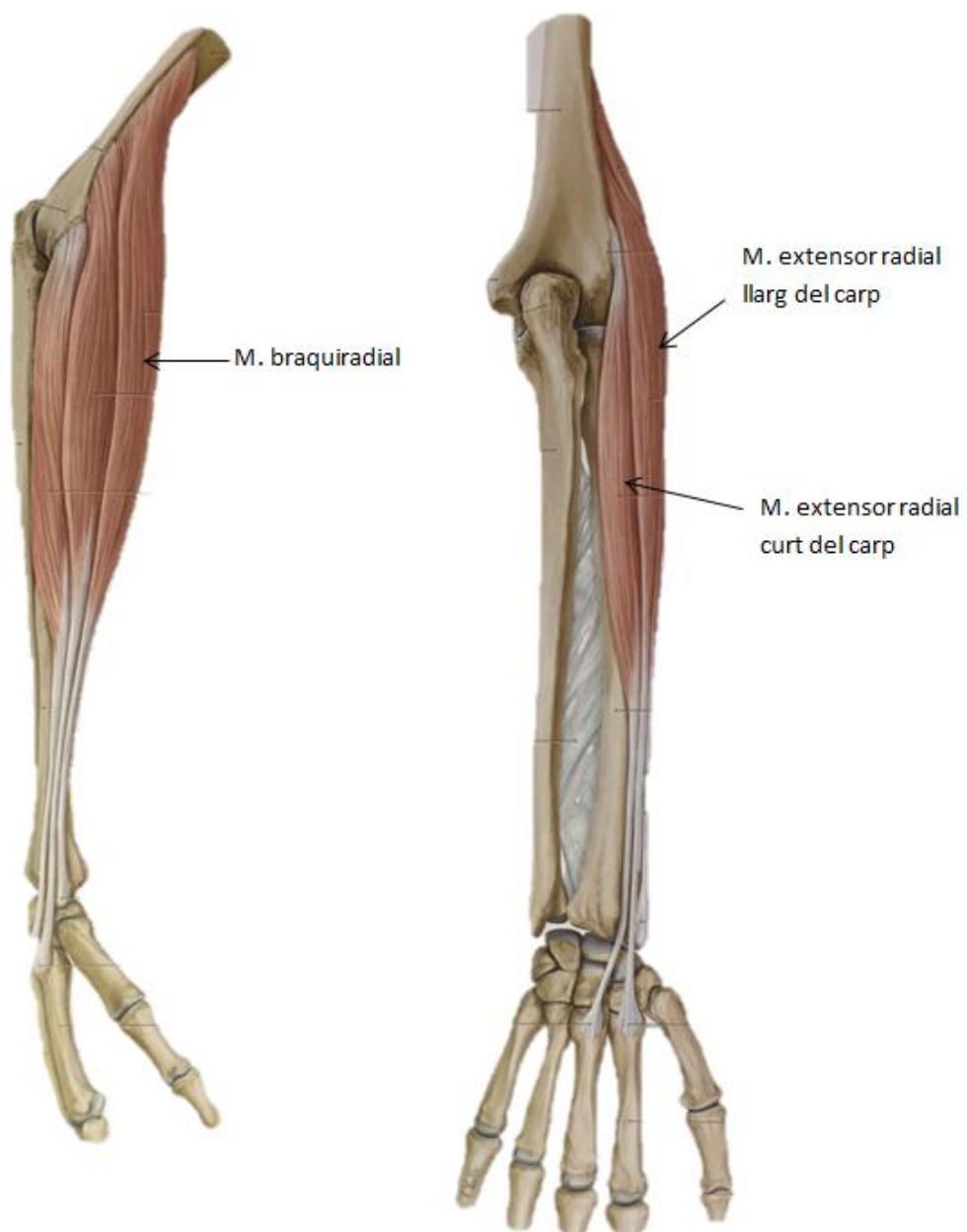
Il·lustració 17: Flexors superficials i flexors profunds. Avantbraç dret, visió ventral.

Musculatura radial

M. braquiradial	
Origen	Cara lateral distal de l'húmer, tàbic intermuscular lateral
Inserció	Apóf. Estiloides del radi
Funció	Art. del colze: Flexió Art de l'avantbraç: posició de semipronació
Innervació	N. Radial (C5-7)

M. extensor radial llarg del carp	
Origen	Cara lateral i distal de l'húmer (cresta supracondília lateral), tàbic intermuscular lateral
Inserció	Cara dorsal de la base del metacarpà II
Funció	Art. del colze: lleugera flexió Art. del canell: Extensió (col·labora en tancar el puny), desviació radial
Innervació	N. Radial (C5-7)

M. extensor radial curt del carp	
Origen	Epicòndil lateral de l'húmer
Inserció	Cara dorsal de la base del metacarpà III
Funció	Art. del colze: lleugera flexió Art. del canell: extensió (col·labora en tancar el puny), desviació radial
Innervació	N. Radial (C5-7))



Il·lustració 18: Musculatura radial. Avantbraç dret, visió radial (esquerra), visió dorsal (dreta).

3. Extensors superficials i profunds

a) Superficials

M. extensor dels dits	
Origen	Cap comú (epicòndil lateral de l'húmer)
Inserció	Aponeurosis dorsal dels dits 2-5
Funció	Art. del canell: Extensió Arts. Metacarpofalàngiques, interfalàngiques distals i proximals dels dits 2-5: Extensió i abducció dels dits
Innervació	N. Radial (C6-8)

M. extensor del menovell (dit petit)	
Origen	Cap comú (epicòndil lateral de l'húmer)
Inserció	Aponeurosis dorsal del 5è dit.
Funció	Art. del canell: extensió i desviació cubital Arts. Metacarpofalàngica, interfalàngiques distal i proximal del 5è dit: Extensió i abducció del 5è dit.
Innervació	N. Radial (C6-8)

M. extensor cubital del carp	
Origen	Cap comú (epicòndil lateral de l'húmer) Cap cubital (cara dorsal del cúbit)
Inserció	Base del metacarpia V
Funció	Art. del canell: Extensió i desviació cubital
Innervació	N. Radial (C6-8)

b) Profunds

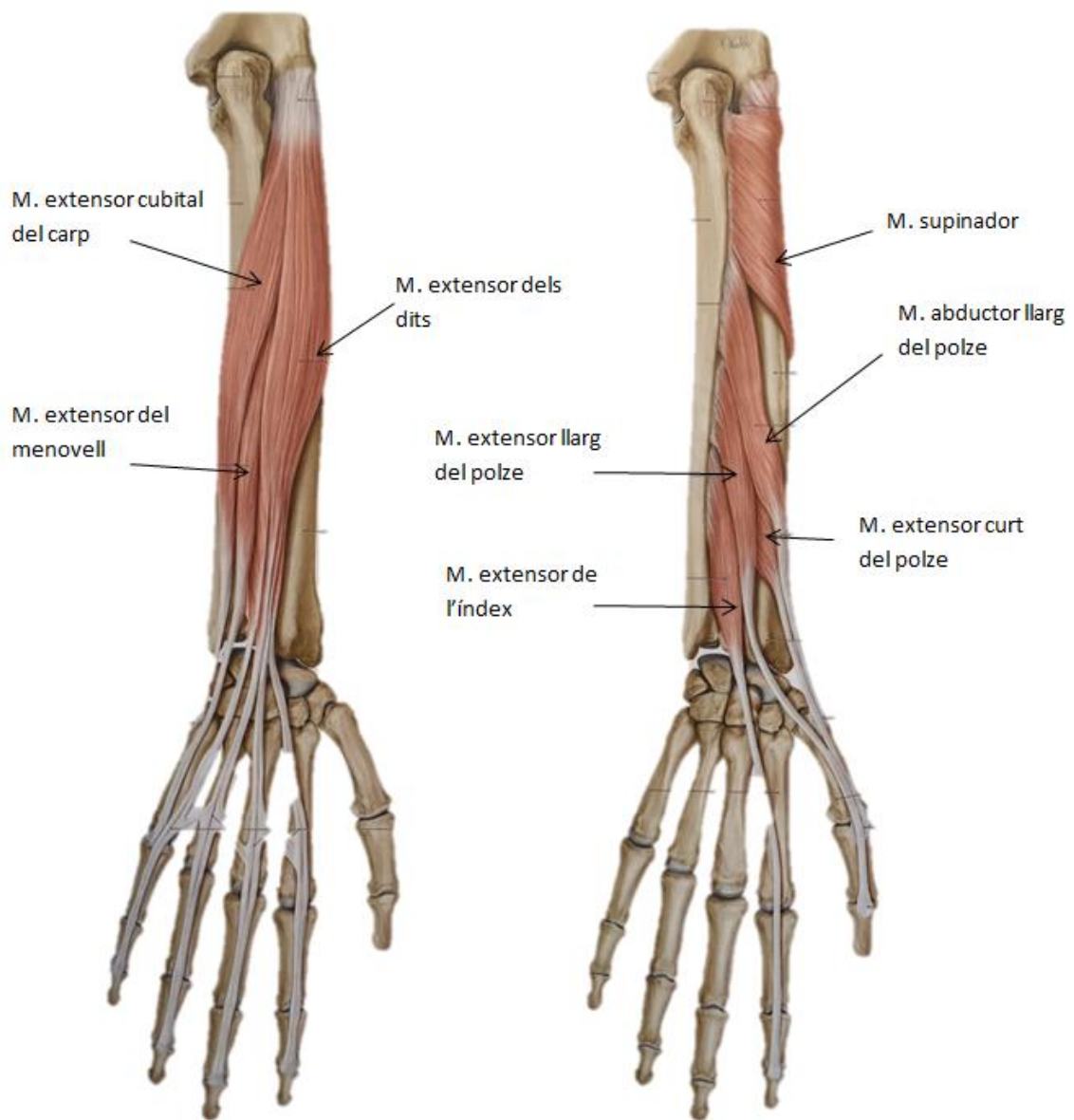
M. supinador	
Origen	Olécranon del cúbit, epicòndil lateral, Llig. Colateral radial, Llig. Anular del radi
Inserció	Radi (entre la tuberositat del radi i la inserció del M. Pronador rodó)
Funció	Art. de l'avantbraç: supinació
Innervació	N. Radial (C5,6)

M. abductor llarg del polze	
Origen	Superfícies dorsals del radi i cúbit, membrana interòssia
Inserció	Base del metacarpà I
Funció	Art. del canell: desviació radial Art. en la cadireta de muntar del polze: Abducció
Innervació	N. Radial (C6-8)

M. extensor curt del polze	
Origen	Superfície dorsal del radi i membrana interòssia (distal al M. Abductor llarg del polze)
Inserció	Base de la falange proximal del polze
Funció	Art. del canell: desviació radial Arts. En la cadireta de muntar del polze i metacarpofalàngica: Extensió
Innervació	N. Radial (C6-8)

M. extensor llarg del polze	
Origen	Superfície dorsal del cúbit i membrana interòssia
Inserció	Base de la falange distal del polze
Funció	Art. del canell: Extensió i desviació radial Art. en la cadireta de muntar del polze: Abducció Arts. Metacarpofalàngica i interfalàngica del polze: Extensió
Innervació	N. Radial (C6-8)

M. extensor de l'índex	
Origen	Superfície dorsal del cúbit i membrana interòssia
Inserció	Aponeurosis dorsal del 2n dit
Funció	Art. del canell: Extensió Arts. Metacarpofalàngiques i interfalàngiques proximals i distals del 2n dit: Extensió
Innervació	N. Radial (C6-8)



Il·lustració 19: Extensors superficials i profunds de l'avantbraç.

C. Músculs curts de la mà

1. Musculatura Tènar i Hipotènar

a) Tènar

M. abductor curt del polze	
Origen	Escafoides, retinacle flexor
Inserció	Base de la falange proximal del polze (en el radial sesamoide)
Funció	Art. de la cadira de muntar del polze: Abducció Art. metacarpofalàngica del polze: Flexió
Innervació	N. Cubital (C6,7)

M. abductor del polze	
Origen	Cap transvers: cara palmar del 3r metacarp Cap oblic: Os gran, base dels metacarps II i III
Inserció	Base de la falange proximal del polze (al cubital sesamoide)
Funció	Art. de la cadira de muntar del polze: Abducció i oposició Art. metacarpofalàngica del polze: Flexió
Innervació	N. Cubital (C8-T1)

M. flexor curt del polze	
Origen	Cap superficial: Retinacle flexor Cap profund: Ossos gran i trapezi.
Inserció	Base de la falange proximal del polze (en el radial sesamoide)
Funció	Art. de la cadira de muntar del polze: Abducció Art. metacarpofalàngica del polze: Flexió
Innervació	N. mitjà C6-T1 (cap superficial) N. cubital C8-T1 (cap profund)

Oponent del polze	
Origen	Ós Trapezi
Inserció	Marge radial del 1r metacarpia
Funció	Art. de la cadira de muntar del polze: Oposició
Innervació	N. Mitjà (C6,7)

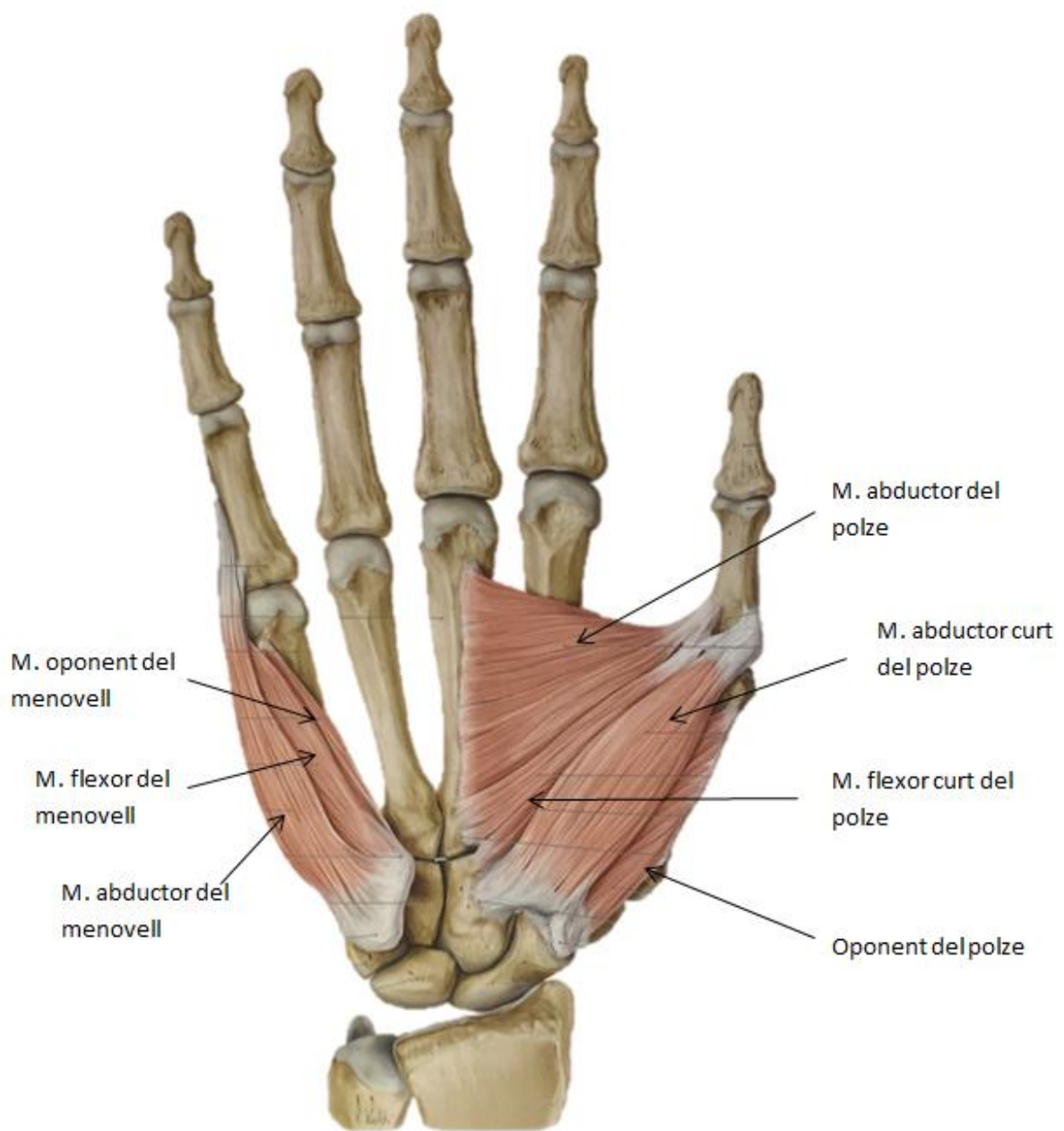
b) Hipotènar

M. abductor del dit petit (menovell)	
Origen	Os pisiforme
Inserció	Base cubital de la falange proximal i aponeurosis dorsal del 5è dit.
Funció	Art. metacarpofalàngica del dit petit: Flexió i Abducció Art. interfalàngiques proximal i distal del dit petit: Extensió
Innervació	N. Cubital (C8-T1)

M. flexor del dit petit (menovell)	
Origen	Ganxo del Ganxut, retinacle flexor
Inserció	Base de la falange proximal del 5è dit
Funció	Art. metacarpofalàngica del dit petit: Flexió
Innervació	N. Cubital (C8-T1)

M. oponent del dit petit (menovell)	
Origen	Ganxo del Ganxut
Inserció	Marge cubital del 5è metacarpia
Funció	Porta al metacarpia cap al palmar (oposició)
Innervació	N. Cubital (C8-T1)

M. palmar curt	
Origen	Marge cubital de la aponeurosis palmar
Inserció	Pell de la regió hipotènar
Funció	Tensa la aponeurosis palmar (funció de protecció)
Innervació	N. Cubital (C8-T1)



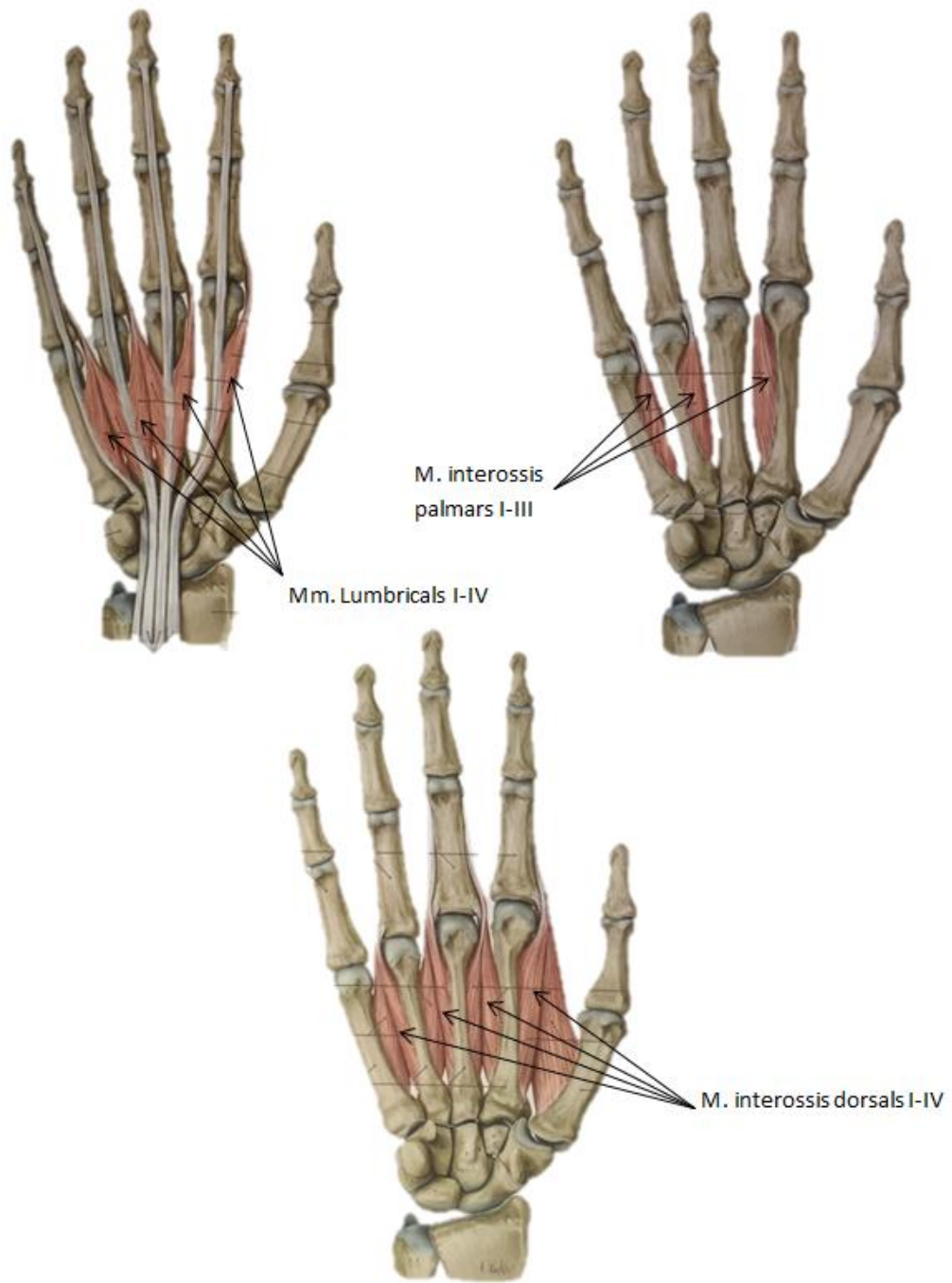
Il·lustració 20: Musculatura de l'eminència tènar i de l'eminència hipotènar. Mà dreta, visió palmar.

2. Musculatura del metacarp

Mm. Lumbricals I-IV	
Origen	Cara radial dels tendons del M. Flexor profund dels dits (inserció mòbil)
Inserció	I: Aponeurosis dorsal del 2n dit II: Aponeurosis dorsal del 3er dit III: Aponeurosis dorsal del 4rt dit IV: Aponeurosis dorsal del 5è dit
Funció	Arts. Metacarpofalàngiques dels dits 2°-5°: Flexió Arts. Interfalàngiques proximals i distals dels dits 2°-5°: Extensió
Innervació	N. mitjà C8-T1 (Mm. Lumbricals I+II) N. cubital C8-T1 (Mm. Lumbricals III+IV)

M. interossis dorsals I-IV	
Origen	Amb dos caps a les cares interòssies dels ossos metacarpians I-V
Inserció	Aponeurosis dorsal dels dits 2°-4°, base de les falanges proximals I: Cara radial de la falange proximal del 2n dit (índex) II: Cara radial de la falange proximal del 3r dit (mitjà) III: Cara radial de la falange proximal del 3r dit (mitjà) IV: Cara radial de la falange proximal del 4rt dit (anular)
Funció	Arts. Metacarpofalàngiques dels dits 2°-4°: Flexió Arts. Interfalàngiques proximals i distals dels dits 2°-4°: Extensió, abducció dels dits 2°-4° (respecta al dit mitjà)
Innervació	N. Cubital (C8-T1)

M. interossis palmars I-III	
Origen	I: Cara cubital del 2n metacarpia (índex) II: Cara radial del 4rt metacarpia (anular) III: Cara radial del 5è metacarpia (dit petit)
Inserció	Aponeurosis dorsal i base de la falange proximal dels dos citats dits.
Funció	Arts. Metacarpofalàngiques dels dits 2°, 4° i 5°: Flexió Arts. Interfalàngiques proximals i distals dels dits 2°, 4° i 5°: Extensió, abducció dels dits (respecte al dit mitjà)
Innervació	N. Cubital (C8-T1)



Il·lustració 21: Musculatura del metacarp

VIII. Fundacions que col·laboren amb el món de les pròtesis

A. Fundacions

Parlant sobre el tema principal del treball hi ha moltes organitzacions formades per un gran nombre de voluntaris i que gràcies a estris i eines com una pròtesis són capaços de millorar exponencialment el dia a dia de milers de persones. Algunes de les organitzacions més importants són la ONG “Enabling the Future” i a nivell espanyol “Trucosoptimistas”.

Un clar exemple d’ajudes a nivell internacional que han fet aquestes organitzacions és el cas de l’Isaac, un noi d’Uganda el qual té una malformació congènita de la mà esquerra. Gràcies a l’esforç de la fundació Trucosoptimistas i la contínua evolució de les impressores 3D, tant en el seu funcionament com en la seva accessibilitat, s’ha pogut crear una pròtesi d’extremitat superior funcional realitzada a partir de peces impreses amb una impressora 3D.

L’ONG “Enabling The Future” també és capaç de crear pròtesis a partir de models públics a internet per a que després, amb les peces que et faciliten, puguis crear la teva pròtesi a casa. El model a partir del qual vaig començar la meva part pràctica consistia en una millora d’un dels models disponibles a internet (Phoenix V2).



Il·lustració 22: Isaac amb la seva pròtesi de mà creada a partir d’una impressora 3d

Gràcies a casos com aquest vaig poder veure que era molt “fàcil” poder canviar la vida de les persones. A partir de recursos que es troben en el nostre entorn es poden crear pròtesis i utensilis que fan que una persona que no ha pogut agafar mai un objecte ara ho pugui fer, poden deixar de dependre dels altres i començar a construir la seva pròpia vida.

Aquesta tecnologia ha de continuar avançant en tots els àmbits diferents per a poder arribar a tots els racons del món. No només del tema de la prostètica, sinó que també ha de permetre la millora de l’agricultura, la sanitat, l’educació...

B. Associació ANDADE

Però, què passa quan els amputats no reben cap ajuda psicològica per part d'hospitals? Què passa quan els amputats han de comprar peces per a les seves pròtesis que resulten molt cares? Per a resoldre aquestes complicacions els amputats associacions de persones com ANDADE (“Asociación Nacional de Amputados De España”).

Vaig tenir l'oportunitat de poder entrevistar-me amb la delegada a Catalunya Montse Aranda. Ella em va explicar les seves vivències com a afectada per un accident de trànsit. Com en un inici va estar una temporada a l'hospital per a cicatritzar correctament, com va utilitzar una pròtesis provisional durant uns mesos per a acostumar-se a caminar amb una estructura que no havia fet servir mai i com, finalment, va arribar a fer servir una pròtesis definitiva la qual està formada per diferents peces que es canvien cada dos anys (per normativa del govern de la Generalitat).

Generalitat de Catalunya
Departament de Salut

Número d'expedient: 988-18179328817

Validació administrativa del document de prescripció d'articles ortopèdics

Dades de l'usuari
CIP: ANA170220209 1r cognom: 2n cognom: Nom:

Dades de la prescripció
Codi unitat proveïdora de prescripció: 00148 Nom unitat proveïdora de prescripció: Hospital Universitari de Bellvitge

Número de col·legiat: 106887901 Data de prescripció: 05/04/2017

Codi	Descripció	Preu de catàleg		Aportació de l'usuari		Aportació màxima del CatSalut		Períodes en mesos Periodicitat de la prestació	Període de validació sanitària	Indicador de validació sanitària
		PTA /	EUR	PTA /	EUR	PTA /	EUR			
0024009	Estructura endopròtètica amb fons cònic, mitja edifica i aliv	13286 /	788,72	0 /	0,00	13286 /	788,72	24	24	N
0024020	Molla total fira de llet per a moxy. D	2380 /	14,20	0 /	0,00	2380 /	14,20	12	24	N
0024022	Molla total pròtese de llet per a moxy. D	3477 /	20,50	0 /	0,00	3477 /	20,50	12	24	N
0024023	Capçalera d'elctrode de moxy de 1 cm, amb molla externa de llet	25962 /	138,30	0 /	0,00	25962 /	138,30	12	24	N
0024287	Elctrode que permet amb elctrode modular el molla i molla i llet	19298 /	86,25	0 /	0,00	19298 /	86,25	12	24	N
0024315	Bona de suport de gel de polietilè. D X1-5x4	91512 /	550,30	0 /	0,00	91512 /	550,30	12	24	N

Dades unitat de tramitació
Codi: 0148 Nom: CSUB

Data de validació administrativa: 05/04/17 Segell i signatura

Aquest apartat només s'ha d'emplenar en cas que no requereixi validació sanitària. No realitza articles que es relacionen amb la validació sanitària. Així mateix, he estat informat de que cal que informi a la comissió original al centre dispensador, una vegada el mèdic especialista ha donat d'alta la validació sanitària.

Dades centre dispensador
Codi:
Nom:
Segell centre dispensador

Data i signatura
NIF, nom i cognoms de l'usuari o representant autoritzat

Aquest centre no es pot emetre si no està inscrit al Registre de Prestadors del Servei Català de la Salut. Com a beneficiari d'aquesta prestació del Servei Català de la Salut (CatSalut) heu d'acordar amb el LLMRE ELBECB del CENTRE DISPENSADOR d'articles ortopèdics i que us sigui lliure el certificat de garantia corresponent al fabricant, que ha d'incorporar les recomanacions necessàries per a la millor conservació de l'article. Les advertències per perillar el mal no s'han d'eliminar. NO CAP AL TRE D'ARTICULACIÓ, és responsabilitat de les rectificacions impuntibles a l'Administració de l'art. 14 del Llei, que sigui necessària. Per tant, les rectificacions portades a terme per un altre centre dispensador no podran ser realitzades en prescripció del CatSalut. LA RELACIÓ DE CENTRES DISPENSADORS ESTÀ ASSOCIADA A LA REGISTRE SANITÀRIA DEL CATSALUT I LA PÀGINA WEB www.rcg.cat/generat/abast. Així mateix, podria ser útil llegir a les unitats beneficiàries que se'n fan de les informacions que es troben en el Registre de Prestadors, el qual està regulat en el Decret 207/1996, de 12 de gener, segons el qual estableix la normativa administrativa, podria estar en el Registre de Prestadors, així mateix, heu d'acordar amb el LLMRE ELBECB del CENTRE DISPENSADOR d'articles ortopèdics i que us sigui lliure el certificat de garantia corresponent al fabricant, que ha d'incorporar les recomanacions necessàries per a la millor conservació de l'article. Les advertències per perillar el mal no s'han d'eliminar. NO CAP AL TRE D'ARTICULACIÓ, és responsabilitat de les rectificacions impuntibles a l'Administració de l'art. 14 del Llei, que sigui necessària. Per tant, les rectificacions portades a terme per un altre centre dispensador no podran ser realitzades en prescripció del CatSalut. LA RELACIÓ DE CENTRES DISPENSADORS ESTÀ ASSOCIADA A LA REGISTRE SANITÀRIA DEL CATSALUT I LA PÀGINA WEB www.rcg.cat/generat/abast. Així mateix, podria ser útil llegir a les unitats beneficiàries que se'n fan de les informacions que es troben en el Registre de Prestadors, el qual està regulat en el Decret 207/1996, de 12 de gener, segons el qual estableix la normativa administrativa, podria estar en el Registre de Prestadors, així mateix, heu d'acordar amb el LLMRE ELBECB del CENTRE DISPENSADOR d'articles ortopèdics i que us sigui lliure el certificat de garantia corresponent al fabricant, que ha d'incorporar les recomanacions necessàries per a la millor conservació de l'article. Les advertències per perillar el mal no s'han d'eliminar. NO CAP AL TRE D'ARTICULACIÓ, és responsabilitat de les rectificacions impuntibles a l'Administració de l'art. 14 del Llei, que sigui necessària. Per tant, les rectificacions portades a terme per un altre centre dispensador no podran ser realitzades en prescripció del CatSalut. LA RELACIÓ DE CENTRES DISPENSADORS ESTÀ ASSOCIADA A LA REGISTRE SANITÀRIA DEL CATSALUT I LA PÀGINA WEB www.rcg.cat/generat/abast.

Il·lustració 23: Imatge on hi apareixen tots els components de la pròtesi inferior de Montse Aranda. Em va explicar que el principal problema és que reben peces cada dos anys i que una persona tant activa com ella amb 8 mesos d'ús la pròtesi arriba a un nivell de deteriorament elevat.

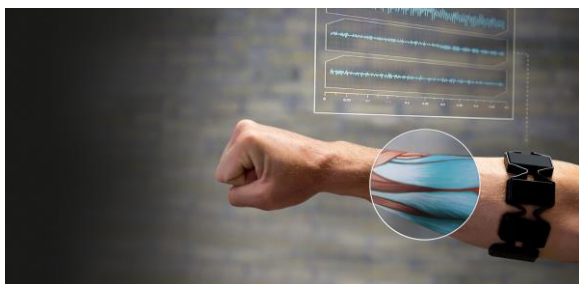
A més a més em va dir que cada comunitat d'Espanya gestiona diferent el tema de la prostètica. A Catalunya es subvenciona el 100% de les pròtesis relacionades amb amputacions mentre que a altres comunitats es pot pagar un tant per cent que ronda al voltant de la mitat del preu total.

La Sra. Montse Aranda va insistir en que la creació de pròtesis de baix cost podria resultar molt profitosa per a tota una gran part de la població que no disposa dels recursos necessaris per a permetre's aquest "luxe".

IX. MYO armband⁶

El braçalet de Myo és un dispositiu desenvolupat i creat per Thalmic Labs. Aquest et permet realitzar diverses accions de manera remota a través de la musculatura de l'avantbraç. Funciona a partir d'electromiografia, és a dir, sensors que detecten el moviment del cos, combinat amb un giroscopi, un acceleròmetre i un magnetòmetre per a reconèixer diferents tipus de moviments o de posicions.

El braçalet de Myo pot ser utilitzat en el món dels videojocs, ponències, música i entreteniment visual. És un dispositiu bastant innovador i que en un futur la mateixa tecnologia amb la qual funciona serà capaç de realitzar tasques de la vida quotidiana molt importants. A la part pràctica podrem veure com es pot relacionar aquesta eina amb una pròtesi confeccionada a partir d'una impressora 3d.



Il·lustració 24: Myo Armband

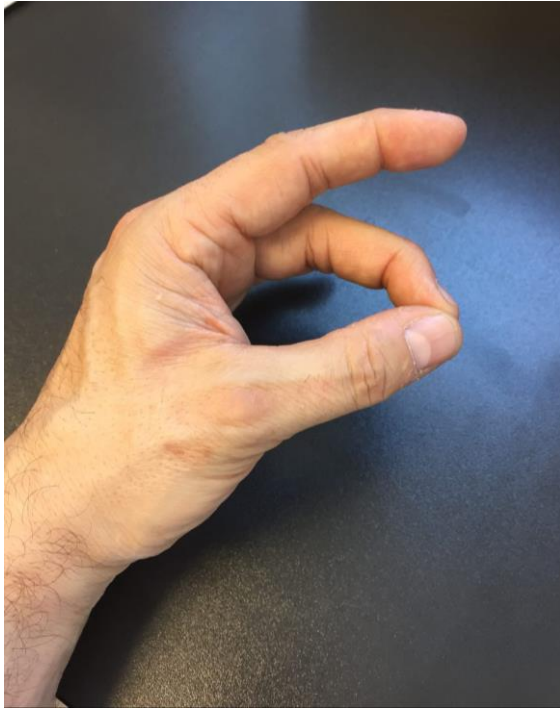
A. Moviments controlats per Myo Armband

El braçalet, capaç de llegir els moviments dels músculs de l'avantbraç, té uns moviments predeterminats. Cada un d'aquests té un nom: *Double Tap*, *Finger spread*, *Wave In*, *Wave Out* i *Fist*.



Il·lustració 25: Moviments que pot captar la banda Myo

⁶ <https://www.myo.com/>



Il·lustració 26: Flexió tercer dit i oposició polze

“Double Tap”



Il·lustració 27: Extensió del canell i extensió i abducció dels dits

“Finger spread”



Il·lustració 28: Extensió del carp i els dits

“Wave out”



Il·lustració 29: Flexió dels dits

“Fist”



Il·lustració 30: Flexió del canell

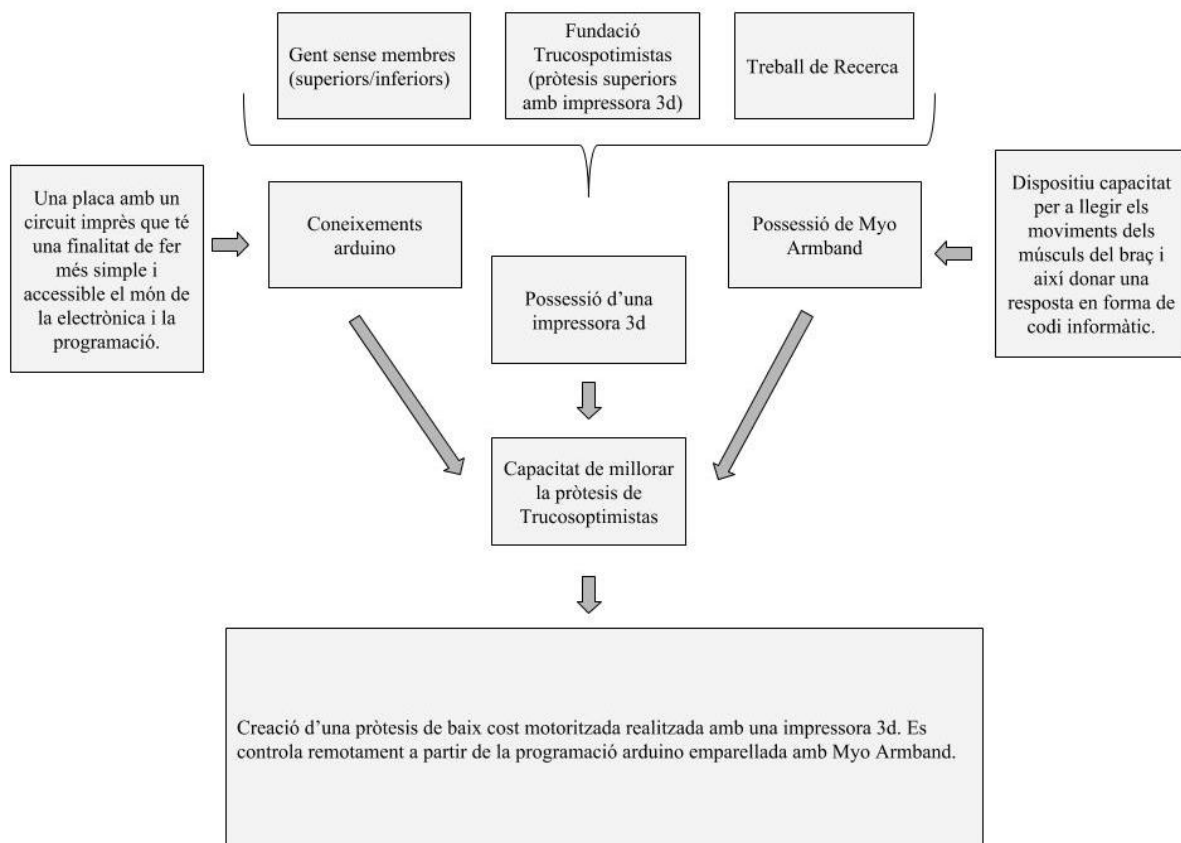
“Wave in”

Part Pràctica

X. Solució proposada

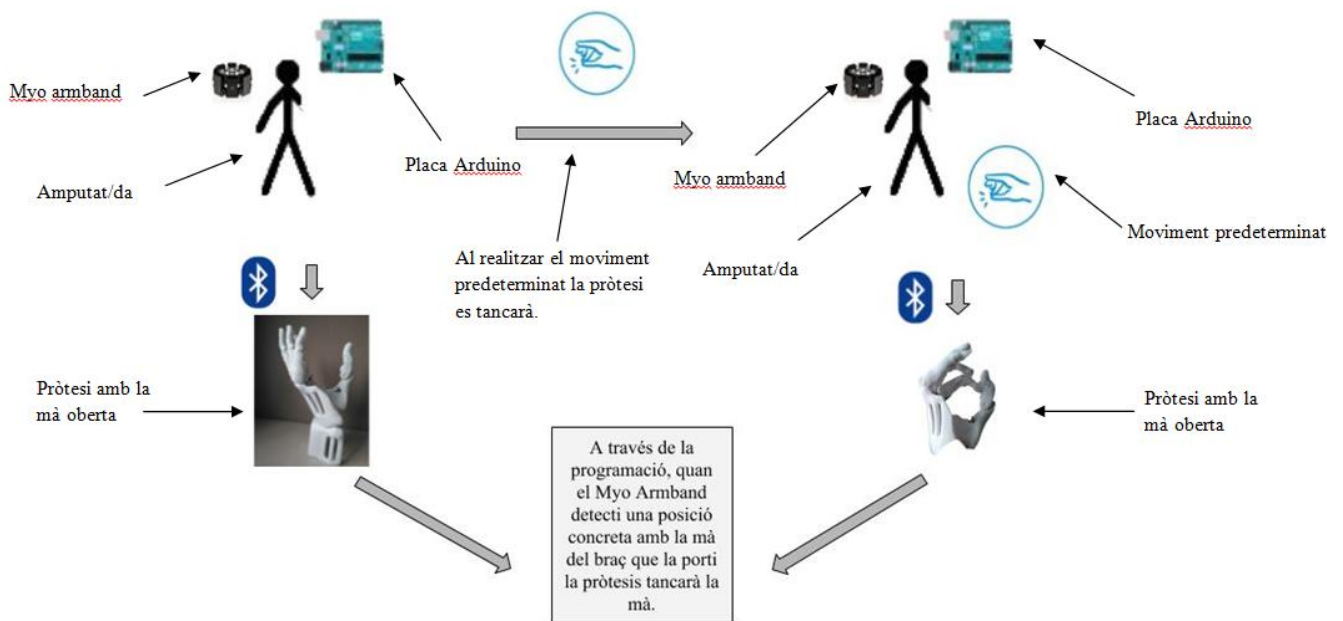
A. Disseny de la solució

A continuació hi ha un diagrama en el qual es representa l'evolució del treball. Després d'haver estudiat el comportament i la composició muscular de l'avantbraç es pot començar a unir peces fins a arribar a l'objectiu final del treball. La creació d'un prototip capaç de demostrar viable la creació d'una pròtesi de baix cost realitzada a partir d'una impressora 3d, posteriorment motoritzada per a millorar-ne el rendiment.



Il·lustració 31: Diagrama en el que es representen tots els passos a seguir des de l'inici fins a arribar a trobar una solució a un problema inicial com és el fet de millorar una pròtesi d'una fundació a través de programació i de la mecanització d'aquesta.

El següent esquema explica el funcionament del prototip. Quan l'amputat realitza un moviment predeterminat amb el braç íntegre s'envia una senyal a través d'ones bluetooth que es comunica amb qui durà a terme l'acció de tancar la mà, la placa arduino⁷. D'aquesta manera quan l'amputat vulgui tancar la pròtesi amb l'altra mà efectuarà primer un dels moviments predeterminats i quedarà bloquejada fins a que es torni a efectuar el mateix moviment. Cal insistir en que és un prototip, és per això que només es pretén demostrar el funcionament.



Il·lustració 32: Representació gràfica dels processos que seguirà la placa arduino per a poder donar una resposta en forma de moviment als moviments realitzats per l'armband.

⁷ En el primer esquema s'explica de manera breu en què consisteix

B. Muntatge de la mà

Els plànols d'aquesta pròtesis es troben a la pàgina web de “*Trucosoptimistas*”. Després d'haver imprès les peces hi ha un vídeo⁸ en el que es mostra com muntar correctament la pròtesis per a que pugui realitzar la funció de la pinça.



Després d'imprimir i muntar 3 mans diferents la tècnica s'ha anat perfeccionant i és per això que cada cop s'ha pogut anar canviant i millorant coses que no s'explicaven del tot bé en el vídeo ja esmentat. Degut a la complexitat d'aquest muntatge a continuació s'explicaran els passos més complicats i que requereixen més pràctica.

II·lustració 33: Imatge amb totes les peces que formen la 3a pròtesis realitzada . Les peces principals són la base de la mà (carp i metacarp), l'articulació amb el canell, les puntes dels dits (negre) i les falanges (blanc).

Per a muntar cada falange una bona manera de fer-ho era amb plàstic i un soldador. Primer de tot s'ha de soldar la peça que va interior a la punta del dit. Per a fer-ho es fon plàstic i així queda fixada.



II·lustració 34: Punta del dit (de color negre) amb peça interior (de color blanc) fixada gràcies a l'ajuda del soldador i del plàstic fos.

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=uWL13vvi94s> (Youtube, “*Trucosoptimistas*”, 3D printed prosthetic hand)



El següent pas al principi va portar moltes complicacions però després de molta pràctica vaig veure que posar en pràctica el mateix que es fa a l'operar em podria servir. Per a passar una goma per uns forats molt petits es podia fer ajudant-se amb un fil de pescar que em permetria fer entrar amb més facilitat la goma.

Il·lustració 34: Dit amb la goma passada gràcies al fil de pescar situat a la part superior de l'imatge.

El mateix funcionament es duu a terme per a unir la punta del dit amb la falange. Finalment aquesta falange s'uneix al palmell a través del mateix funcionament de fondre plàstic amb l'ajuda del soldador. Per a finalitzar cal tornar a passar la goma pels forats situats a la part posterior de la zona d'unió de la falange (amb l'ajuda del fil de pescar resulta més senzill).



Il·lustració 35: Unió del dit al palmell primer amb les gomes fora (dreta) i posteriorment amb les gomes per el forat que han d'anar (esquerra).



Finalment, per acabar amb el procés de muntatge de la mà, amb l'ajuda de fils de pescar es crea una tensió a partir d'uns cargols que segueixen la mateixa funció que les clavelles d'una guitarra. La posició neutra dels dits serà en extensió, i aplicant una major tensió als fils (resultat de l'augment de distància en flexionar el canell) els dits es flexionen.

Il·lustració 36: Cargols que asseguren el fil de pescar de cada dit (un clau per dit).

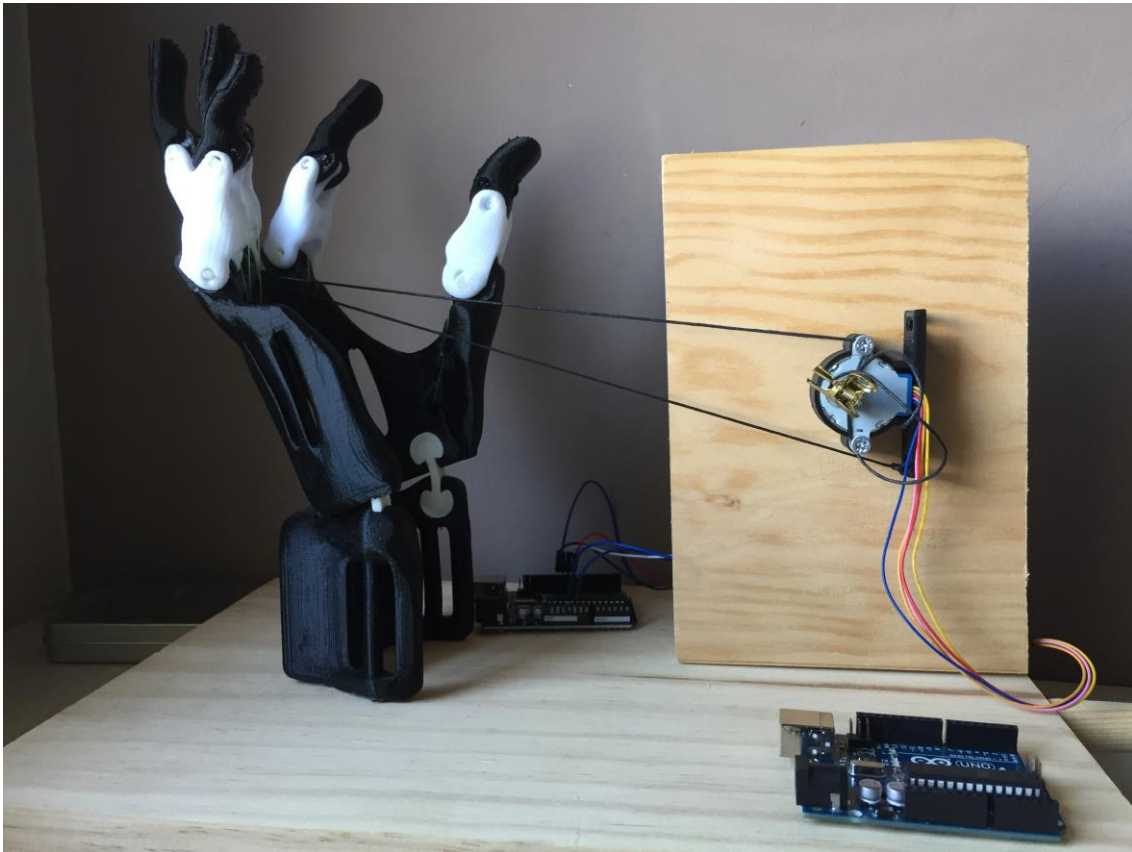
A partir d'aquí ja no es pot anar seguint el procés de muntatge a través del vídeo ja que és en aquest apartat quan es comença a millorar la pròtesi inicial.

Per a donar més solidesa i poder optimitzar el treball del motor per a que no hagués d'efectuar tanta força es va decidir fixar una peça de fusta⁹ a la que s'hi posarà el motor en vertical unit a través de cargols.



Il·lustració 37: Mà i peça de fusta fixada amb cargols i falques.

⁹ Es poden utilitzar peces de fusta per a tallar els aliments.



Il·lustració 38: Resultat final de la mà impresa amb una impressora 3d fixada en una peça de tallar de fusta juntament amb un motor i una placa arduino. (N'hi ha una darrere, és la que està connectada, i una altra al davant, és de recanvi).

C. Programació

Cal realitzar un apartat de programació degut a que és un dels pilars d'aquest treball i és l'encarregat de fer funcionar el motor i de comunicar la placa arduino amb el braçalec. Realment resulta complicat entendre el món de la programació, és per això que en aquest apartat s'explicarà detalladament tot el procés.



Il·lustració 39: Placa Arduino. A la part superior hi trobem els pins a partir dels que s'uniran els inputs. A l'esquerra hi ha el punt a través del qual es comunica amb l'ordinador.

1. Termes a definir

Codi font: Són un seguit d'instruccions i ordres escrites de tal manera que l'ordinador pugui entendre-ho i acabi realitzant una funció desitjada.

Valors: Objectes d'estudi que s'escriuen prèviament en el codi per a que l'ordinador els tingui en compte a la hora de realitzar les següents tasques que se li ordenin.

INPUT: Dada o informació que rebrà l'ordinador i a partir de la qual podrà realitzar càlculs.

OUTPUT: Dades o informació que emetrà l'ordinador en forma de resposta. (per a que siguin visibles es pot veure en bombetes, motors...)

Punt d'inserció: La placa arduino té diferents llocs en els quals se l'hi poden afegir OUTPUTS que donaran respostes al codi. Aquests punts són els punts d'inserció i s'organitzen a través de la numeració.

2. Introducció al codi¹⁰

L'apartat de programació ha estat tutelat per Miquel Vidal, enginyer en telecomunicacions. A continuació es recullen un seguit de codis, resultat de l'evolució de codis públics de la pàgina web d'Arduino.¹¹ Abans de poder realitzar el codi final capaç de fer funcionar el prototip s'han hagut de fer passos previs com encendre i apagar una bombeta, que un motor faci dues voltes en sentit horari i després en sentit antihorari.

La programació requereix un nivell d'enteniment sobre el que s'està fent, i és per això que tots els codis realitzats estan explicats pas per pas de manera que es pugui veure quina part del codi s'encarrega de realitzar cada tasca.

¹⁰ En el cas de voler llegir amb una més claredat els codis a l'Annex 4 hi ha les captures de pantalla per ordre.

¹¹ <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> (pàgina web d'Arduino, accés als codis bàsics)

a) Assaig 1 – codi 1

En el codi 1 quan el braçalet detecta “Double tap” el motor començarà a funcionar.

BlinkMoveServoOnDoubleTap | Arduino 1.8.5
Fiber Edita Esbós Eines Ajuda

BlinkMoveServoOnDoubleTap

```
#include <MyoController.h>
```

```
//https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Sween
```

```
#include <Servo.h>
```

```
//Myo Part  
#define FIST_PIN 4  
#define WAVEIN_PIN 5  
#define WAVEOUT_PIN 6  
#define FINGERSSPREAD_PIN 7  
#define DOUBLETAP_PIN 8
```

```
MyoController myo = MyoController();
```

```
Servo myservo; // create servo object to control a servo  
// twelve servo objects can be created on most boards
```

```
//Servo Part  
int pos = 0; // variable to store the servo position
```

```
void setup() {
```

```
  /*  
  pinMode(FIST_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(WAVEIN_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(FINGERSSPREAD_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);  
  */
```

```
  //Myo Part  
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);  
  myo.initMyo();
```

```
  //Servo Part  
  myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object  
}
```

```
void loop()
```

```
{  
  //Serial.println("HI");  
  myo.updatePose();  
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {  
  /*  
  case rest:  
    digitalWrite(FIST_PIN, LOW);  
    digitalWrite(WAVEIN_PIN, LOW);  
    digitalWrite(WAVEOUT_PIN, LOW);  
    digitalWrite(FINGERSSPREAD_PIN, LOW);  
    digitalWrite(DOUBLETAP_PIN, LOW);  
    break;
```

Es defineixen els pins que s'utilitzaran per a cada propòsit

Es relaciona el motor amb l'armband (quan la banda no sent cap moviment el motor romandrà parat)

BlinkMoveServoOnDoubleTap | Arduino 1.8.5
Fiber Edita Esbós Eines Ajuda

BlinkMoveServoOnDoubleTap

```
void loop()  
{  
  //Serial.println("HI");  
  myo.updatePose();  
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {  
  /*  
  case rest:  
    digitalWrite(FIST_PIN, LOW);  
    digitalWrite(WAVEIN_PIN, LOW);  
    digitalWrite(WAVEOUT_PIN, LOW);  
    digitalWrite(FINGERSSPREAD_PIN, LOW);  
    digitalWrite(DOUBLETAP_PIN, LOW);  
    break;  
  case fist:  
    digitalWrite(FIST_PIN, HIGH);  
    break;  
  case waveIn:  
    digitalWrite(WAVEIN_PIN, HIGH);  
    break;  
  case waveOut:  
    digitalWrite(WAVEOUT_PIN, HIGH);  
    break;  
  case fingersSpread:  
    digitalWrite(FINGERSSPREAD_PIN, HIGH);  
    break;
```

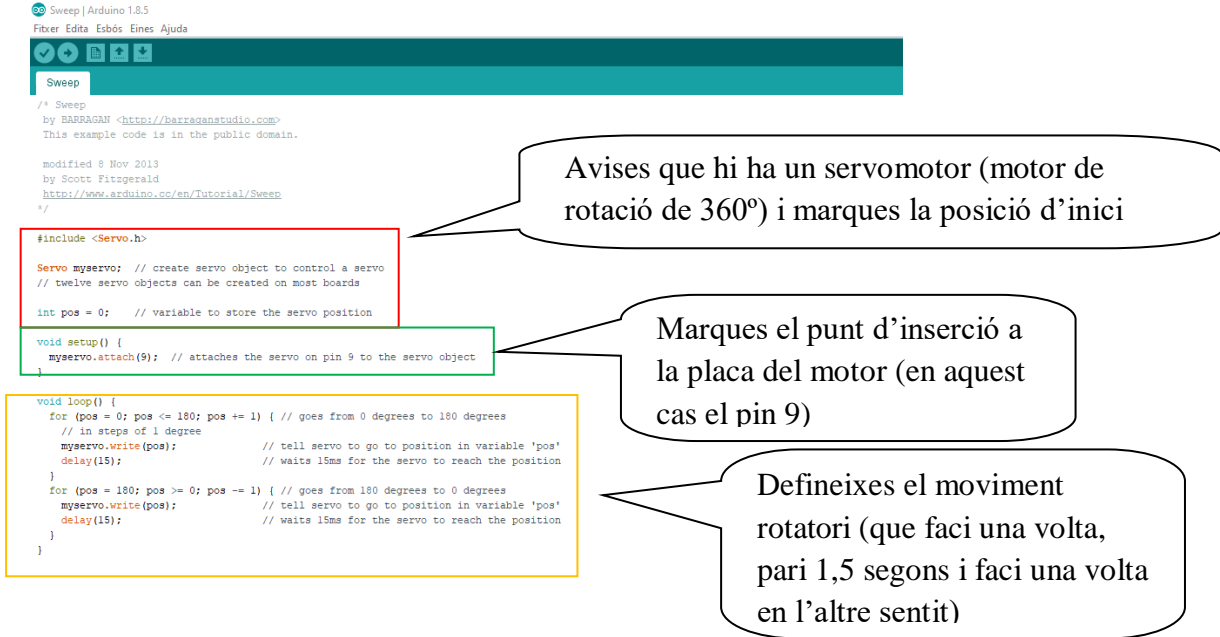
Repetició de la relació anterior i així veure si hi ha algun canvi per a poder fer un canvi de la resposta

```
  /*  
  case doubleTap:  
    //Led Part  
    //digitalWrite(DOUBLETAP_PIN, HIGH);  
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)  
    delay(1000); // wait for a second  
  
    //Servo Part  
    //cada vegada que faci el double tap faig 60 graus, si faig més de 180 torno a començar  
    pos = (pos+180)%360;  
    myservo.write(pos);  
  
    //Led Part  
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW  
    delay(1000); // wait for a second  
    break;  
  }  
  delay(100);  
}
```

Si amb la mà fas dos cops amb els dits anular i índex (“Double Tap”) el motor funcionarà.

b) Assaig 2- codi 2

En el codi 2 hi ha un motor que anirà realitzant una volta en sentit horari i després de 1,5 segons farà una altra volta en sentit antihorari. Aquests moviments s'aniran repetint sempre.



```
Sweep | Arduino 1.8.5
Fixer Edita Esborja Eines Ajuda
Sweep
/* Sweep
by BARRAGAN <http://barraganstudio.com>
This example code is in the public domain.

modified 8 Nov 2013
by Scott Fitzgerald
http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Sweep
*/

#include <Servo.h>

Servo myservo; // create servo object to control a servo
// twelve servo objects can be created on most boards

int pos = 0;    // variable to store the servo position

void setup() {
  myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}

void loop() {
  for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // goes from 0 degrees to 180 degrees
    // in steps of 1 degree
    myservo.write(pos);              // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15);                       // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
  for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // goes from 180 degrees to 0 degrees
    myservo.write(pos);              // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15);                       // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
}
```

Avises que hi ha un servomotor (motor de rotació de 360°) i marques la posició d'inici

Marques el punt d'inserció a la placa del motor (en aquest cas el pin 9)

Defineixes el moviment rotatori (que faci una volta, pari 1,5 segons i faci una volta en l'altre sentit)

d) Assaig 4- codi 4

En el codi 4 el braçalet agafa un paper molt important , ja que en aquest codi el tipus de moviment que s'efectuï condiciona quina bombeta s'encendrà. Al fer el “*Double Tap*” la bombeta s'encendrà, al fer “*Wave In*” la bombeta es posarà a fer pampallugues i finalment al fer “*Wave Out*” la bombeta s'apagarà del tot.

```
myollum_bo | Arduino 1.8.5
Fixer Edita Esborja Eines Ajuda

myollum_bo

#include <MyoController.h>
#define FIRST_PIN 4
#define WAVEIN_PIN 5
#define WAVEOUT_PIN 6
#define FINGERSSPREAD_PIN 7
#define DOUBLETAP_PIN 3

MyoController myo = MyoController();

//Possibles estats de la llum
int encesa = 0;
int parat = 0;
int pampalluga = 0;

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEIN_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);
  myo.initMyo();
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {

    case doubleTap:
      encesa = 1;
      parat = 0;
      pampalluga = 0;
      break;

    case waveIn:
      encesa = 0;
      parat = 0;
      pampalluga = 1;
      break;

    case waveOut:
      encesa = 0;

```

Defineixes els moviments que pots fer amb el braçalet

Defineixes els possibles estats de la llum (bombeta)

Defineixes els punts de sortida



myollum_bo

```
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEIN_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);
  myo.initMyo();
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

  myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {

    case doubleTap:
      ences = 1;
      parat = 0;
      pampalluga = 0;
      break;

    case waveIn:
      ences = 0;
      parat = 0;
      pampalluga = 1 ;
      break;

    case waveOut:
      ences = 0;
      parat = 1;
      pampalluga = 0;
      break;
  }

  if (ences ==1) digitalWrite (LED_BUILTIN, HIGH);
  if (parat ==1) digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  if (pampalluga ==1) pampall();
}

void pampall()
{
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
}
```

Dones una resposta a cada moviment que pugui arribar a fer (a partir de si està encès, parada o fent pampallugues). Si està “encès” bombeta encesa, si està “parat” bombeta apagada i si està en “pampalluga” la bombeta anirà fent pampallugues.

e) *Assaig 5- codi 5 i definitiu*

En el codi 5 ja es realitza l'objectiu final del treball: quan el braçalet detecti un tipus de moviment concret el motor funcionarà en sentit horari (“*fist*”), en sentit antihorari (“*Wave Out*”) i s’aturarà (“*Double Tap*”).

```
myoambmotor | Arduino 1.8.5
Fixer Edita Esbós Eines Ajuda

myoambmotor$
#include <MyoController.h>

#define FIST_PIN 4
#define WAVEIN_PIN 5
#define WAVEOUT_PIN 6
#define FINGERSSPREAD_PIN 7
#define DOUBLETAP_PIN 3

MyoController myo = MyoController();

// Possibles estats del motor
int horari = 0;
int antihorari = 0;
int parar = 0;

//definicion de pins
const int motorPin1 = 8; // 28BYJ48 In1
const int motorPin2 = 9; // 28BYJ48 In2
const int motorPin3 = 10; // 28BYJ48 In3
const int motorPin4 = 11; // 28BYJ48 In4

//definicion variables
int motorSpeed = 1200; //variable para fijar la velocidad
int stepCounter = 0; // contador para los pasos
int stepsPerRev = 4076; // pasos para una vuelta completa

//tablas con la secuencia de encendido (descomentar la que necesiteis)
//secuencia 1-fase
//const int numSteps = 4;
//const int stepsLookup[4] = { B1000, B0100, B0010, B0001 };

//secuencia 2-fases
//const int numSteps = 4;
//const int stepsLookup[4] = { B1100, B0110, B0011, B1001 };

//secuencia media fase
const int numSteps = 8;
const int stepsLookup[8] = { B1000, B1100, B0100, B0110, B0010, B0011, B0001, B1001 };

void setup()
{
  //declarar pines como salida
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);
  pinMode(motorPin4, OUTPUT);
}
```

Codifiques pins de sortida

Defineixes els possibles sentits del motor

Defineixes els punts d'entrada

Conjunt de variables i constants que ajudaran a fer funcionar el motor (passos que cal seguir per a fer una volta, velocitat del motor, comptador)

```

myoambmotor | Arduino 1.8.5
Fitxer Edita Egbós Eines Ajuda
myoambmotor$

void setup()
{
  //declarar pines como salida
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);
  pinMode(motorPin4, OUTPUT);
  pinMode (FIST_PIN, OUTPUT);
  pinMode (DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);
  pinMode (WAVEOUT_PIN, OUTPUT);
  myo_initMyo();
}

void loop()
{
  myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {

    case doubleTap:
      horari = 0;
      antihorari = 0;
      parar = 1;
      break;

    case fist:
      horari = 1;
      antihorari = 0;
      parar = 0 ;
      break;

    case waveOut:
      horari = 0;
      antihorari = 1;
      parar = 0;
      break;
  }

  if (horari ==1) clockwise() ;
  if (antihorari == 1) anticlockwise();
  // if (parar ==1) ;
}

void clockwise()
{
  //.....
}

```

Defineixes els punts de sortida

Dones una resposta a cada moviment que pugui arribar a fer el motor (a partir de si està funcionant en sentit horari, antihorari o si està parat). Si està “antihorari”, el motor funcionarà en sentit antihorari, si esta “parat”, el motor no realitzarà cap moviment apagada i si esta en “horari”, el motor funcionarà en sentit horari.

```

myoambmotor | Arduino 1.8.5
Fitxer Edita Egbós Eines Ajuda
myoambmotor$

antihorari = 0;
parar = 1;
break;

case fist:
horari = 1;
antihorari = 0;
parar = 0 ;
break;

case waveOut:
horari = 0;
antihorari = 1;
parar = 0;
break;
}

if (horari ==1) clockwise() ;
if (antihorari == 1) anticlockwise();
// if (parar ==1) ;
}

void clockwise()
{
  stepCounter++;
  if (stepCounter >= numSteps) stepCounter = 0;
  setOutput(stepCounter);
}

void anticlockwise ()
{
  stepCounter--;
  if (stepCounter < 0) stepCounter = numSteps - 1;
  setOutput(stepCounter);
}

void setOutput(int step)
{
  digitalWrite(motorPin1, bitRead(stepsLookup[step], 0));
  digitalWrite(motorPin2, bitRead(stepsLookup[step], 1));
  digitalWrite(motorPin3, bitRead(stepsLookup[step], 2));
  digitalWrite(motorPin4, bitRead(stepsLookup[step], 3));
}
}

```

Aquí és on es relacionen les primeres variables amb els valors que permetran que el motor funcioni en sentit horari i en sentit antihorari.

D. Discussió

El fet de millorar una pròtesi ja creada no resta feina sinó que fa més visible tots els entrebancs i dificultats que han anat apareixent durant el projecte. Degut a que n'hi ha hagut tants els hem dividit en diferents subapartats.

- **Arduino**

El simple fet de començar a programar sense tenir una base molt forta en un inici va suposar una dificultat important a superar perquè sinó el treball quedava parat i no podia avançar amb la part pràctica. És per això que l'ajuda del meu tutor extern va ser molt important per a millorar en aquest camp.

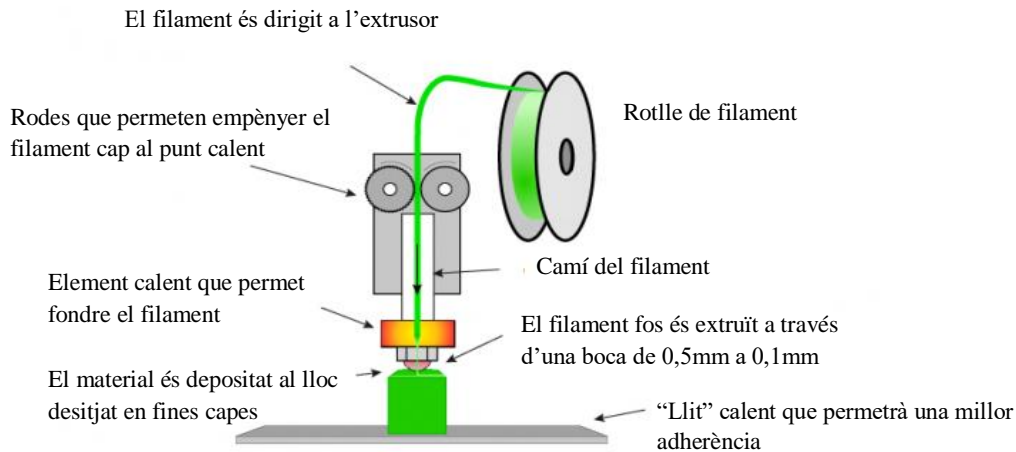
- **Motor**

En un inici no va ser fàcil que el motor realitzés 360° ja que, degut al codi, només podia realitzar 180°. Aquesta part del codi va portar temps localitzar-la i finalment canviar-la per a que funcionés correctament.

- **Problemes amb el plàstic i l'extrusor**

Durant tot el procés d'impressió m'he pogut anar trobant amb nombrosos problemes i entrebancs que dificultaven la impressió dels components de la pròtesi a crear. La principal complicació es va donar quan, per a realitzar les peces que fan la funció de nexa entre la mà i el canell, s'havia de canviar de tipus de plàstic. Aquest té unes qualitats diferents al plàstic amb el que acostumo a treballar. El Fila-Flex, que així és com es diu, es un material elàstic i que té certa flexibilitat, qualitats que eren necessàries per a complir la funció del canell.

Per totes aquestes característiques el plàstic resulta més complicat a la hora de treballar i en nombroses ocasions va acabar provocant averies a la impressora, fet que va endarrerir la impressió de les altres peces fins al punt d'estar setmanes sense poder imprimir ja que la impressora estava en reparació.



Il·lustració 40: Funcionament correcte de l'extrusor. Els problemes d'impressió es donaven en l'element calent que té la capacitat de fondre el filament (s'hi acumulava plàstic).

- **Dificultat per a col·locar el polze a la mà impresa en 3d**



Il·lustració 41: Imatge amb els tres polzes. El que va funcionar definitivament es el de l'esquerra de la fotografia, els altres dos són dos intents més de la peça clau per a poder realitzar el moviment de la pinça.

Degut a que el polze és el dit amb una diferència més significativa en comparació amb la resta de dits de la pròtesis va ser difícil poder realitzar la connexió entre les falanges i el palmell. No va ser fins al tercer polze que no va poder funcionar correctament com era desitjat.

- **Preu**

Tot i ser una pròtesi que ha resultat tenir un preu elevat al final del projecte (270 € aproximats) continua siguent una pròtesi de baix cost degut a que la resta de pròtesis tenen preus que van dels 1.000 fins a més de 30.000 euros.

El preu total surt de les principals peces:

- 200\$ -Myo Armband
- 20€ del kit
- 50 € aproximats de plàstic i llum

No s'ha comptat el preu de la impressora 3D ja que pot anar a imprimir les peces a botigues especialitzades i els preus estaran al voltant dels 50 €.

- **Prototip**

El fet de ser un prototip no fa que sigui un problema com a tal, però si que fa que el resultat final pugui variar a l'hora d'aplicar la pròtesi a l'amputat.

S'ha pogut demostrar que en aquest model funciona però per a portar-ho a la pràctica són necessaris més coneixements, potser diferents materials i altres dispositius per a assolir més mobilitat i una millor funcionalitat.

XI. Conclusions

En acabar aquest treball, s'ha arribat al resultat esperat a l'inici d'aquest. S'ha pogut demostrar que es pot crear una pròtesi de baix cost funcional a partir d'una impressora 3d i amb l'ajuda de la programació.

Es va començar el treball amb unes altes expectatives degut al rigor de les proves proposades per a assolir la part pràctica final del projecte. Tant el meu tutor extern com jo mateix no sabíem si podríem arribar a complir-los. És per això que estem ambdós molt satisfets d'haver assolit tots els punts formulats de l'apartat pràctic.

Referent al segon objectiu inicial, la divulgació i la conscienciació del món de la prostètica, no s'ha pogut realitzar degut a que aquest treball s'ha acabat enfocant majoritàriament a la creació del prototip. Tot i això, si que m'he posat en contacte amb fundacions i associacions que s'encarreguen de difondre i conscienciar a la població de la necessitat d'investigar i invertir diners i temps en aquest camp creixent.

El preu final del projecte està al voltant dels 270 € aproximats sense tenir en compte la impressora (ja que pots anar a imprimir les peces a botigues especialitzades). Tot i tenir aquest cost continua siguent un valor més baix respecte als altres dispositius els quals els preus més baixos ronden els 1000 €.

És evident que ningú podria utilitzar el prototip que s'ha creat degut a la falta de mobilitat que es requeriria. És per això que per a poder millorar-ho en un futur caldrien més coneixements, nocions referents als diferents tipus de materials i a les seves propietats.

A més a més per a que tingués més funcionalitat s'hauria de posar tots els dispositius electrònics adherits a la pròtesi, el braçalet podria ser substituït per un altre element que complís la mateixa funció i la mà creada aniria fixada a la persona a través de cintes que no realitzessin cap tipus de molèstia per al portador.

S'ha pogut veure que les pròtesis porten molts anys evolucionant i millorant i és per això que és un camp que continuarà avançant. Qui sap on ens portaran .

XII. Agraïments i Fonts documentals

Una de les ressenyes descrites a continuació ha sigut completades gràcies a l'ajuda de la Dra. Anna Carrera, professora de la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona (UdG). Gràcies a la seva ajuda he pogut accedir a la sala de dissecció i poder analitzar i estudiar de manera detallada les mostres d'avantbraços.

També agrair a en Santiago Mas, encarregat de respondre els correus de Trucosoptimistas, per facilitar-me informació sobre la fundació i perquè gràcies a ell el treball va poder començar amb força i amb ganes. Juntament amb Montse Aranda (representant d'ANDADE a nivell de Catalunya) per mantenir una llarga entrevista sempre amb la intenció de difondre i fer arribar un problema molt important que afecta a una part de la població.

Cal agrair el tutoratge a nivell del centre per ajudar amb les preguntes que han anat sorgint durant el treball.

Continuant amb el tema del tutoratge, agrair a Miquel Vidal, enginyer de telecomunicacions i el meu cosí, per ajudar-me amb el tema de la programació, aconsellar-me, guiar-me, per invertir temps fent quedades a través de Skype i així poder planificar i millorar el rendiment del treball.

Per últim, agrair a tota la meva família que m'han encoratjat i animat a continuar en tot moment.

Es dóna pas així a la descripció de les fonts documentals.

- A.Llorca, Á. (2017). *Muy Saludable. Sanitas*. Consultat el 2017, a <http://muysaludable.sanitas.es/salud/dental/protesis-fija-removible/>
- Angiologia, R. M. (2015). *Medigraphic*. Consultat el 2017, a <http://www.aboutonehandtyping.com/statistics.html>
- Angiologia, R. M. (2015). *Medigraphic*. Consultat el 2017, a <http://www.medigraphic.com/pdfs/revmexang/an-2015/an151b.pdf>
- Biomecanico, D. (2013). *Blogspot*. Recollit de http://dmsdisenobiomecanico1uao.blogspot.com.es/2013/05/musculos-que-intervienen-en-la_23.html
- Bq. (sense data). Consultat el 2018, a <https://www.bq.com/es/protesis-impresas-en-3d>
- BQ. (2017). *BQ*. Consultat el 2018, a <https://blog.bq.com/es/6-impresiones-3d-que-te-dejaran-con-la-boca-abierta/>
- Britannica, T. e. (2018). *Britannica*. Consultat el 2018, a <https://www.britannica.com/technology/bionics>
- Cañizares, F. (2011). *Quo*. Consultat el 2017, a <http://www.quo.es/ser-humano/quien-invento-las-protesis>
- Catalans), I. (. (sense data). *IEC (Institut d'Estudis Catalans)*. Consultat el 2017, a <https://mdlc.iec.cat/results.asp?txtEntrada=protesis&operEntrada=0>
- Celada, R. D. (sense data). *estudiante.elpais.com*. Consultat el 2017, a <https://estudiantes.elpais.com/EPE2015/periodico-digital/ver/equipo/2666/articulo/historia-de-las-protesis->
- Centellas, N. y. (sense data). *Wordpress*. Consultat el 2017, a <https://neuronasycentellas.wordpress.com/2014/12/16/como-conectar-el-cerebro-a-una-maquina-o-como-hacer-trampa/>
- Contreras, M. (2016). *Clipset*. Consultat el 2018, a <https://clipset.20minutos.es/asi-son-las-piernas-bionicas-de-hugh-herr/>
- Daniela. (2012). *SlideShare*. Consultat el 2017, a <https://es.slideshare.net/mobile/danielacollio/anatomia-funcional-delamano1>
- Dictionary.com*. (sense data). Consultat el 2017, a <http://www.dictionary.com/browse/bionic>
- El Mundo*. (2016). Consultat el 2018, a <http://www.elmundo.es/salud/2016/06/01/574e9f51e5fdea08218b4645.html>

- Enabling The Future*. (sense data). Consultat el 2018, a <http://enablingthefuture.org/>
- Enfermedades, T. y. (2013). *Tratamientoyenfermedades.com*. Consultat el 2017, a <http://www.elblogdelasalud.es/breve-historia-de-las-protesis/>
- Española), R. (. (sense data). *RAE (Real Academia Española)* . Consultat el 2017, a <http://dle.rae.es/?id=US6Q9JZ>
- Gallegos, J. C. (2013). *Papelperiodico.com*. Consultat el 2017, a <http://papeldeperiodico.com/2013/07/que-es-la-bionica/>
- Huaman, C. (sense data). *Scribd*. Consultat el 2017, a <https://es.scribd.com/document/209384235/MUSCULOS-EXTENSORES-DE-LOS-DEDOS-Y-MUNECA>
- La Sexta*. (2017). Consultat el 2018, a http://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoplora/ciencia/innovacion/chico-andorrano-usa-lego-fabricarse-brazo-articulado-que-permite-agarrar-objetos_201712195a38f5270cf2b2349050c6b0.html
- Labs, T. (2013). *Youtube*. Consultat el 2017, a <https://www.youtube.com/watch?v=oWu9TFJjHaM>
- M.C. (2017). *Diario Información*. Consultat el 2018, a <http://www.diarioinformacion.com/sociedad/2017/12/26/joven-construye-protesis-brazo-lego/1971792.html>
- Matas, R. (2017). *La Vanguardia* . Consultat el 2018, a <http://www.lavanguardia.com/local/lleida/20171218/433731533914/brazo-articulado-piezas-lego.html>
- Medicina, E. (2011). *SlideShare*. Consultat el 2017, a <https://es.slideshare.net/opazomed/musculos-antebrazo>
- MedlinePlus. (sense data). *MedlinePlus*. Consultat el 2017, a <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002286.htm>
- Mufinrams. (2015). *SlideShare*. Consultat el 2017, a <https://es.slideshare.net/mufinrams/musculos-de-antebrazo-54149210>
- Mundo, B. (2016). *BBC*. Consultat el 2018, a <http://www.bbc.com/mundo/noticias-36945489>
- MYO*. (sense data). Consultat el 2017, a <https://www.myo.com/>
- Norton, K. (2007). *Amputee Coalition*. Consultat el 2017, a https://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_07/history_prosthetics.pdf

- Puerta, O. (2013). *SlideShare*. Consultat el 2017, a <https://www.slideshare.net/mobile/OlguisPuerta/biomecanica-de-la-prension>
- Redacció. (2017). *La Opinión.com*. Consultat el 2018, a <https://laopinion.com/2017/12/18/este-chico-se-construyo-un-brazo-mecanico-con-piezas-de-lego/>
- Redación. (sense data). *Laopinion.com*. Consultat el 2018, a <https://laopinion.com/2017/12/18/este-chico-se-construyo-un-brazo-mecanico-con-piezas-de-lego/>
- Revista Unam* . (sense data). Consultat el 2017, a <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num1/art01/art01-1a.htm>
- Rodríguez, M. d. (2013). *Clinicadentalavilesyroman.com*. Consultat el 2017, a <http://www.clinicadentalavilesyroman.com/historia-de-la-protesis/>
- Santiago, M. L. (2012). *SlideShare*. Consultat el 2017, a <https://es.slideshare.net/marckamstel/protesis-tipos-y-caracteristicas>
- SER*. (2017). Recollit de http://cadenaser.com/ser/2017/12/26/videos/1514280777_720703.html
- Smith, L. (2015). *Daily Mail Australia*. Consultat el 2017, a <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3100224/It-happen-shouldn-t-Father-four-arms-legs-amputated-sore-throat-turned-life-threatening-virus-sue-doctors-treated-him.html>
- Soc., R. M. (2016). Consultat el 2017, a <http://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2016/im164k.pdf>
- Society), A. (. (sense data). *AOFAS (American Orthopaedic Foot & Ankle Society)* . Consultat el 2017, a <http://www.aofas.org/footcaremd/espanol/Pages/Qu%C3%A9-Son-Las-Pr%C3%B3tesis.aspx>
- Studio, U. (sense data). *El Mundo*. Consultat el 2018, a <http://www.elmundo.es/promociones/native/2017/11/30/>
- Tecnologia2011. (2011). *Blogspot*. Consultat el 2017, a <http://tecnologia2011organos.blogspot.com.es/>
- TED talk, H. H. (sense data). *TED Talks*. Consultat el 2017, a https://www.ted.com/talks/hugh_herr_the_new_bionics_that_let_us_run_climb_and_dance#t-599120
- test. (2333). Recollit de google

- Titi, R. (2015). *Titi*. Consultat el 2017, a <https://www.2ti.es/2015/08/crean-dos-cerebros-uno-biologico-y-otro-tecnologico/>
- Titi, R. (2015). *Titi*. Consultat el 2017, a <https://www.2ti.es/2015/09/protesis-para-el-cerebro-de-personas-con-problemas-de-memoria/>
- Tomas), C. M. (2009). *SlideShare*. Consultat el 2017, a <https://es.slideshare.net/odontomusico/historia-de-la-protesis-total-evolucion-historica>
- Trucosoptimistas.org*. (sense data). Consultat el 2017, a <https://trucosoptimistas.org/>
- UK, I. (2015). *Youtube*. Consultat el 2017, a <https://www.youtube.com/watch?v=CkNeVBARjag>
- València, U. d. (sense data). *UV*. Consultat el 2017, a <https://www.uv.es/mpisea/54656d615f325f5f496e74726f6475636369c3b36e5f615f6c615f6f72746f70726f74c3a973696361.pdf>
- Walters, L. (sense data). *About One Hand Typing*. Consultat el 2017, a <http://www.aboutonehandtyping.com/statistics.html>
- Wikipedia*. (sense data). Consultat el 2017, a https://es.m.wikipedia.org/wiki/Implante_cerebral
- Wikipedia*. (sense data). *Wikipedia*. Consultat el 2017, a https://es.wikipedia.org/wiki/Hugh_Herr
- Wikipedia*. (sense data). *Wikipedia*. Consultat el 2017, a <https://en.wikipedia.org/wiki/Bionics>
- Wikipedia*. (sense data). *Wikipedia*. Consultat el 2017, a <https://en.wikipedia.org/wiki/Amputation>
- “*Prometheus: texto y atlas de Anatomia*”/ Michael Schúnke, Erik Schulte, Udo Schumacher.-3^a ed. Buenos Aires; Madrid : editorial Médica Panamericana (2010).

XIII. Índex d'Il·lustracions

Il·lustració 1 (símil entre mà biònica i mà humana): Imatge extreta de la pàgina web

<http://www.fundacionunam.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/02-MIERCOLES-HITOS-BIONICA-01.jpg>

Il·lustració 2 (Imatge d'Hug Herr amb les seves cames biòniques): Imatge extreta de la pàgina web

<https://sallyhelgesen.com/2016/10/hugh-herr-wants-to-build-a-more-perfect-human/>

Il·lustració 3 (Luis Armando Bravo amb una pròtesi superior): Imatge extreta de la pàgina web

<http://www.milenio.com/cultura/mexicano-crea-brazo-bionico-90-barato-eu>

Il·lustració 4 (David Aguilar i el seu braç biònic creat a partir de peces de LEGO®): Imatge extreta de la pàgina web

<https://www.lavanguardia.com/local/lleida/20171218/433731533914/brazo-articulado-piezas-lego.html>

Il·lustració 5 (Representació gràfica de l'evolució de les pròtesis al llarg de la història): Imatge extreta de la pàgina web

<https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-history-prosthetics/>

Il·lustració 6 (Una de les primeres pròtesi trobades a Egipte): Imatge extreta de la pàgina web

https://www.nationalgeographic.com.es/historia/actualidad/sofisticacion-antiguo-egipto-una-protesis-hace-3000-anos_11639

Il·lustració 7 (Götz von Berlichingen i la seva pròtesi militar): Imatge extreta de la pàgina web

<https://mi3ch.livejournal.com/1310587.html>

Il·lustració 8 (Cama d'Anglesey): Imatge extreta de la pàgina web

<http://collection.sciencemuseum.org.uk/objects/co476459/wooden-anglesey-artificial-right-leg-england-1915-1925-artificial-leg>

Il·lustració 9 (Sir James Syme): Imatge extreta de la pàgina web

https://en.wikipedia.org/wiki/James_Syme

Il·lustració 10 (Extremitat Hanger): Imatge extreta de la pàgina web

<https://www.monografias.com/trabajos97/bionica-estudio-protesis/bionica-estudio-protesis.shtml>

Il·lustració 11 (Pròtesi de membre inferiors): Imatge extreta de la pàgina web

Il·lustració 12 (Pròtesi dental): Imatge extreta de la pàgina web

<http://clenicatoboso.com/tratamientos/protesis-dental/>

Il·lustració 13 (Ortesis): Imatge extreta de la pàgina web

<https://www.ortopediapelaez.com/que-son-las-ortesis-plantares/>

Il·lustració 14 (Pròtesi de membre superior transhumeral híbrida): Imatge extreta de la pàgina web

<http://www.arcesw.com/pms1.htm>

Il·lustració 15 (Pròtesi de membre inferior transfemoral): Imatge extreta de la pàgina web

<http://www.arcesw.com/pms1.htm>

Il·lustració 16 (Isaac amb la seva pròtesi de mà creada a partir d'una impressora 3d): Imatge extreta de la pàgina web

<https://trucosoptimistas.org/>

Il·lustració 17 (Imatge amb els components que formen una pròtesis inferior): Imatge cedida per Montse Aranda, delegada d'ANDAIDE de Catalunya

Il·lustració 18 (Extremitat superior: Ossos del braç): Imatge extreta de la pàgina web

https://www.infermeravirtual.com/cat/activitats_de_la_vida_diaria/ficha/extremitat_superior/sistema_locomotor

Il·lustracions 19, 20, 21, 22 i 23 (Anatomia muscular de l'avantbraç) Imatges treballades extretes del llibre

“*Prometheus: texto y atlas de Anatomia*”/ Michael Schúnke, Erik Schulte, Udo Schumacher.-3^a ed. Buenos Aires; Madrid : editorial Médica Panamericana (2010).

Il·lustració 24 (Myo Armband): Imatge extreta de la pàgina web

<https://www.bahrainthisweek.com/gesture-control-your-life-with-the-myio-armband/>

Il·lustració 25 (Moviments que pota captar la banda Myo): Imatge treballada extreta de la pàgina web

<https://dribbble.com/shots/1937560-Gesture-Icons>

Il·lustracions 26 a 40: Imatges, esquemes i figures pròpies

Il·lustració 41 (Funcionament de la impressora 3d) Imatge treballada extreta de la pàgina web

<https://www.3dmarket.mx/articulos/impresoras-3d-como-funcionan/>

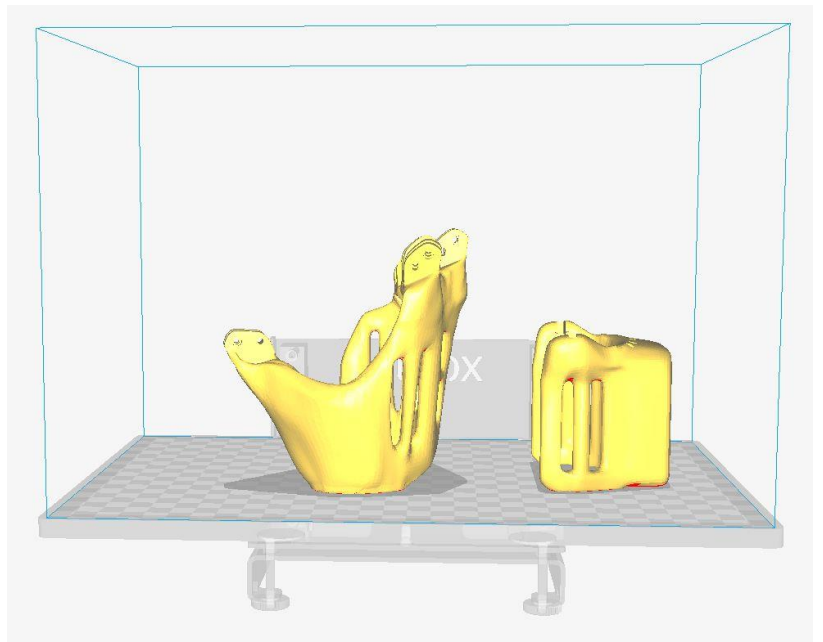
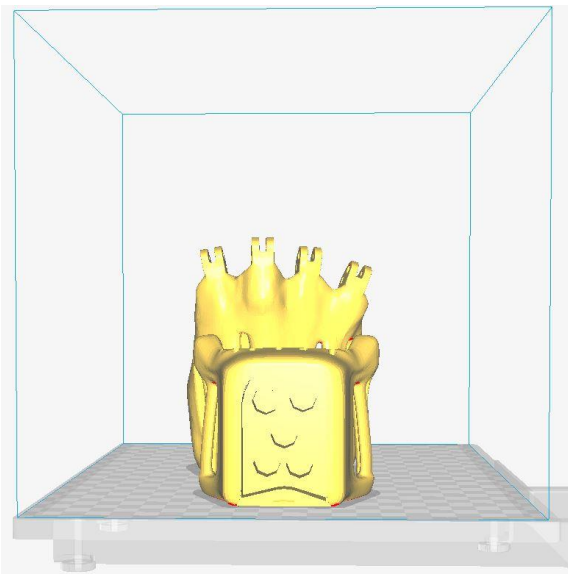
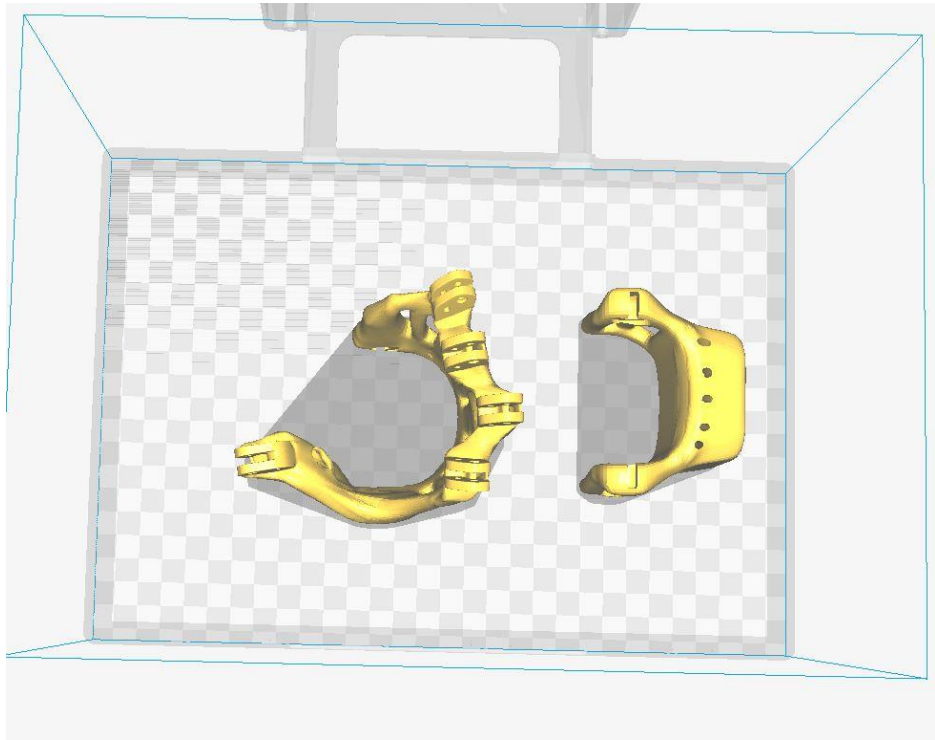
Il·lustracions 42, Annex 1, Annex 2: Imatges i captures pròpies

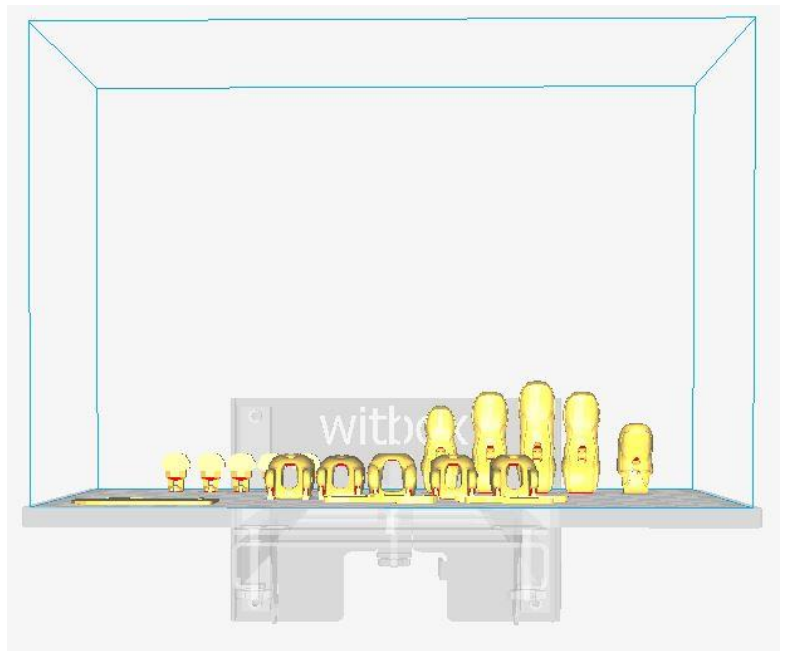
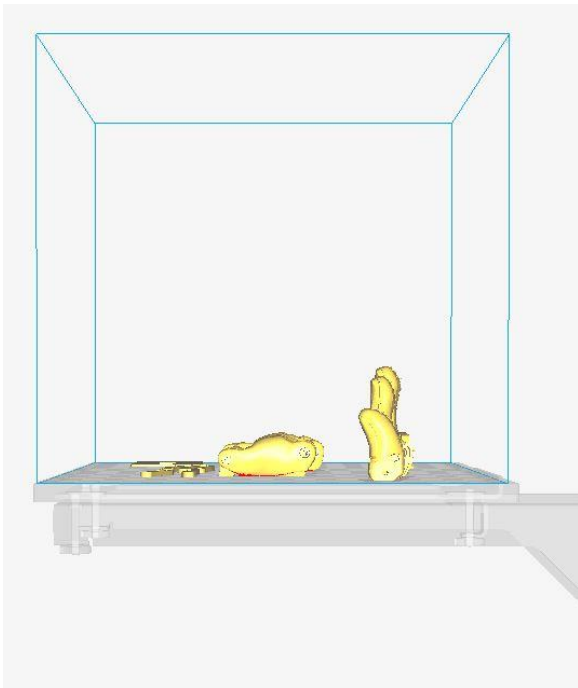
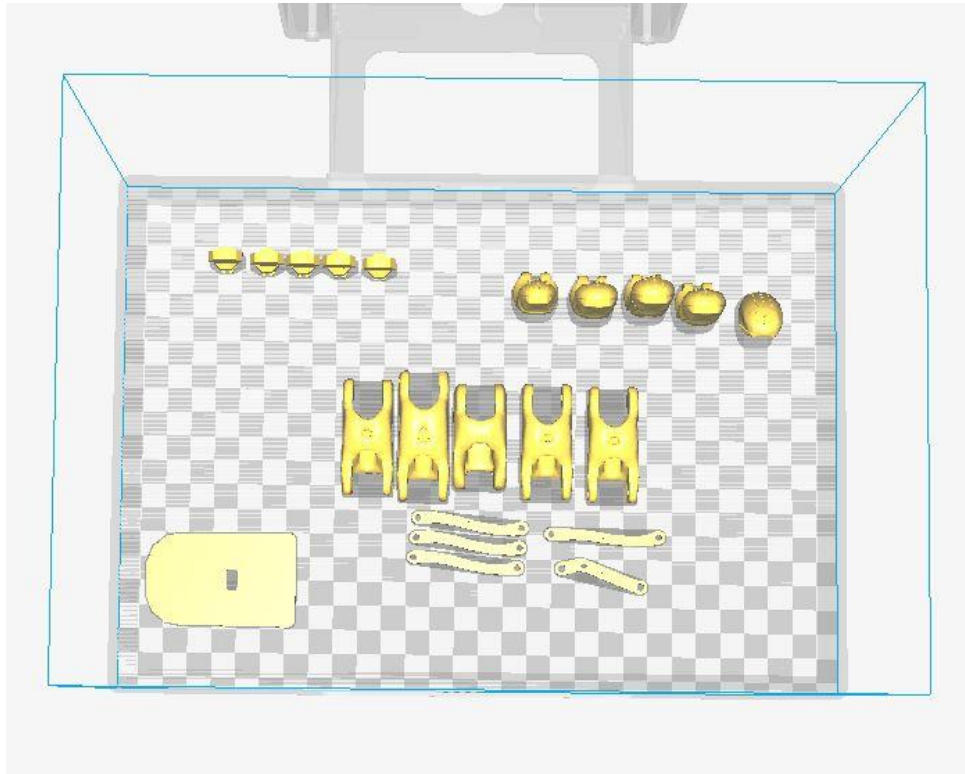
Imatge 43 (Annex 3): Imatges cedides per el Dr. Francisco Reina, la Dra. Anna Carrera i la Universitat de Medicina de Girona.

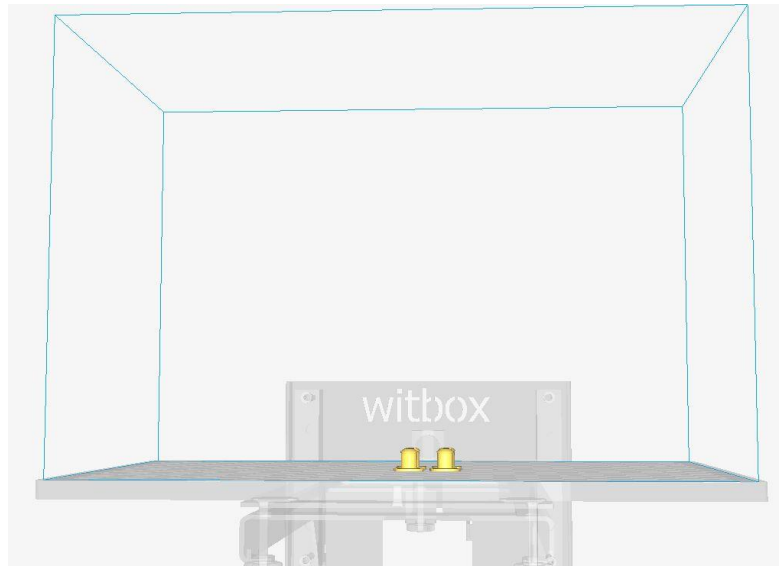
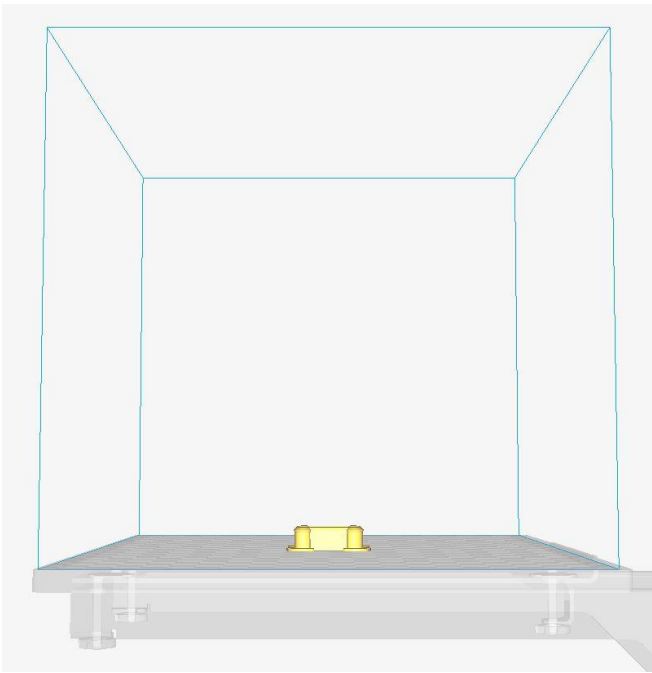
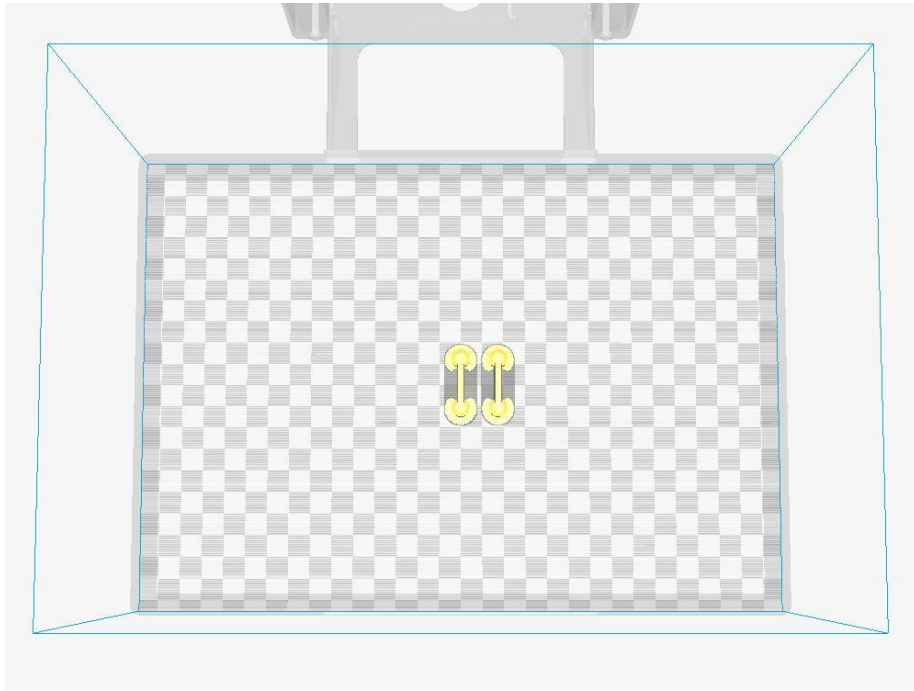
Annex 4: Captures de pantalla del codi Arduino.

Annex 1

En aquest annex es poden veure les imatges dels plànols de les peces que formen part de la pròtesi final. Es poden veure a través de l'aplicació cults (permet transformar dissenys per a que una impressora 3d els pugui llegir).

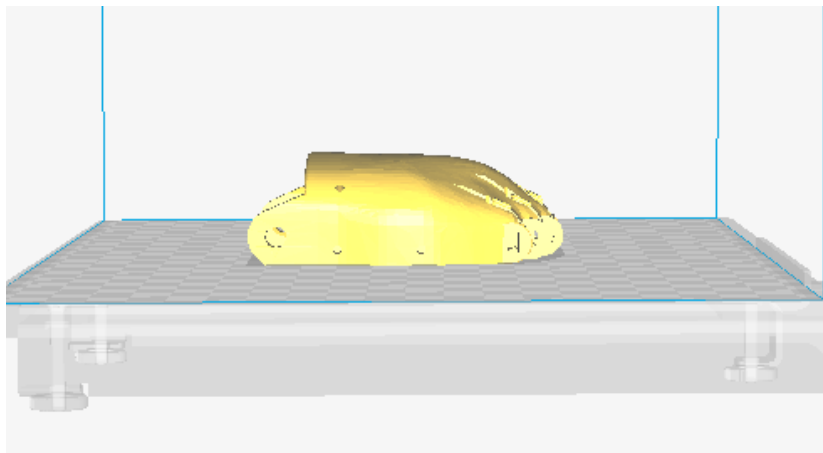
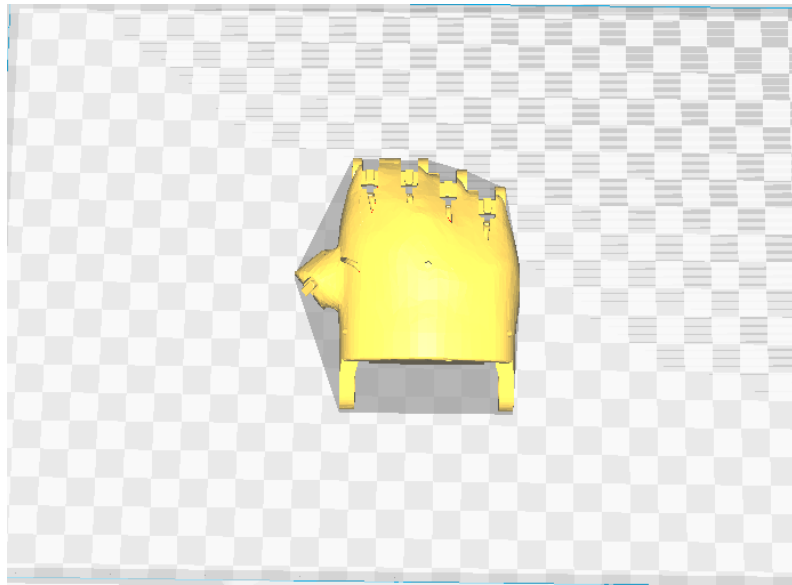


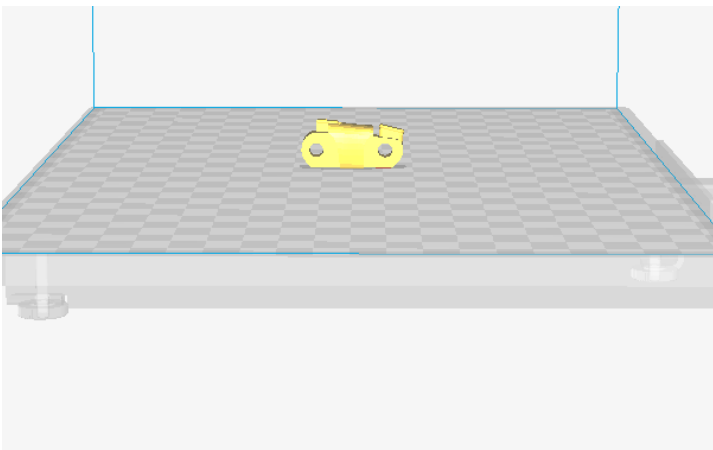
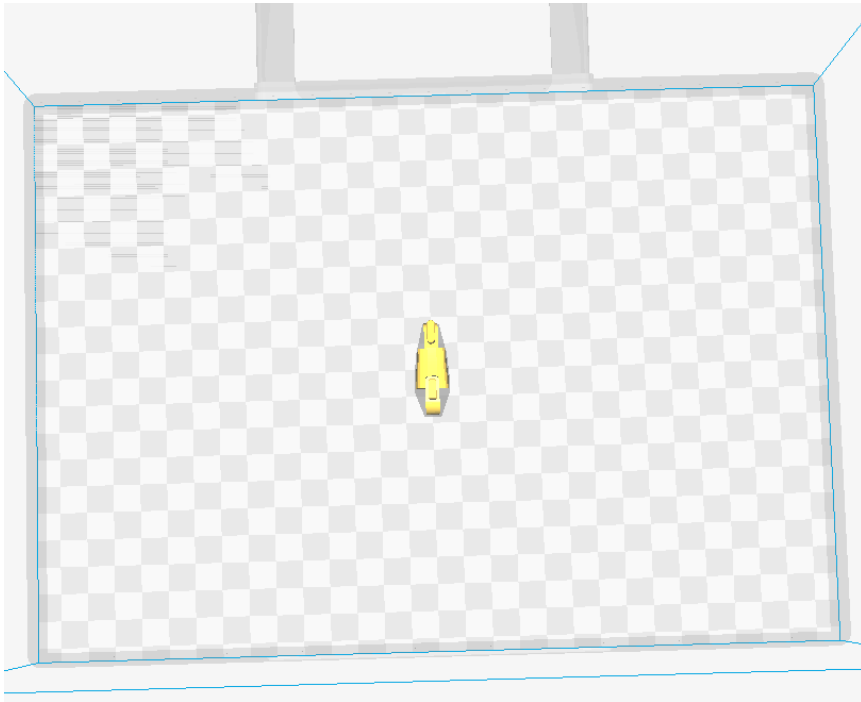


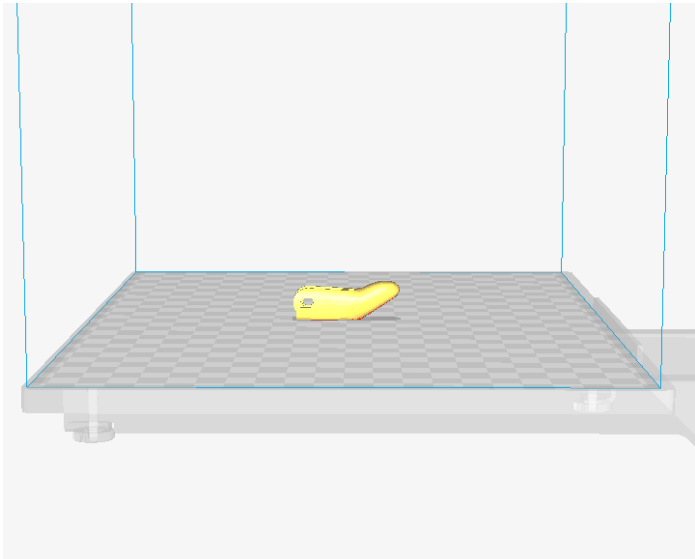
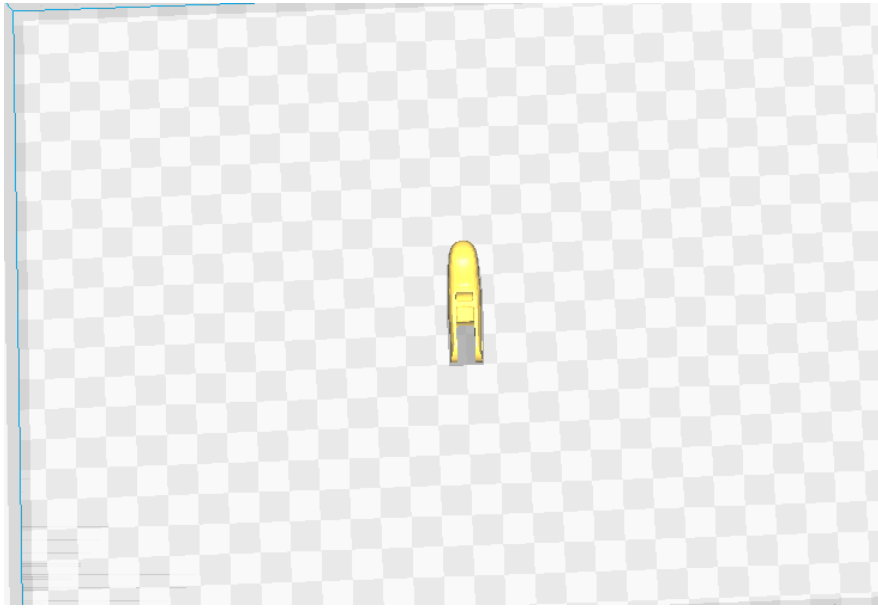


Annex 2

En aquest annex s'hi recullen alguns dels plànols de la primera pròtesis que, per motius d'estabilitat i de funcionalitat, no va acabar esdevenint la que s'ha utilitzar per al projecte.







Annex 3

En aquest annex s'hi inclouen les visites a la facultat de medicina de la Universitat de Girona gràcies a la Dra. Carrera.

Dimecres dia 4 de juliol

Després d'estar parlant durant dos mesos amb la doctora Carrera he aconseguit anar-la a visitar i així poder reforçar els meus coneixements sobre l'anatomia humana de l'avantbraç.

Li he pogut explicar el treball i li he portat el primer prototip realitzat amb la impressora 3d. M'ha estat explicant com funcionen les articulacions i els músculs de l'avantbraç.

Finalment hem quedat per a el dimecres vinent però amb una tasca a fer, per a saber i entendre que miraré el dia de la quedada següent hauré d'estudiar uns llibres d'anatomia (Juan A. García- Porrero i Anatomia Humana descriptiva, topogràfica i funcional) per a poder-me situar correctament i poder respondre a les preguntes que em vulgui posar.

Dimecres de 11 de juliol

Avui he anat a la Facultat de Medicina de la Universitat de Girona un altre cop per a poder estudiar a fons mostres d'avantbraç que es troben al pis superior. Allà he començat a analitzar i identificar els diferents músculs de l'avantbraç que la universitat m'ha cedit.

Primer sol i després amb la companyia de la Dra. Carrera he pogut aprendre per capes i per funcions la musculatura d'aquesta part tant complexa de l'avantbraç. Estic realment agraït per a haver pogut gaudir d'una classe particular d'anatomia locomotora. Ha estat enriquidora ja que alternàvem la teoria amb preguntes i tota l'estona he pogut anar comprovant com són els músculs en la realitat.

Gràcies a la classe he pogut veure que el cos humà està extremadament relacionat amb la física mecànica, fet que m'ha fascinat. La musculatura realitza diferents funcions, però les principals són les de flexors+pronadors i extensors+supinadors

He pogut veure diferents mostres per a poder reforçar els coneixements i així poder entendre de la matèria.



Il·lustració 42: Mostra d'avantbraç. Imatge superior músculs superiors, imatge inferior músculs profunds.

Musculatura de l'avantbrac

- 2 grups
 - Flexors + Pronadors (Posterior)
 - Extensors + Supinadors (Anterior)

Músculs segons l'acció a la que estan sotmesos.

- Acció sobre colze
 - Posterior
 - Pronador rodó (Flexors+Pronadors)
 - Pronador quadrat
 - Anterior
 - Supinadors
 - Braquiorradial
 - Arconi
- Acció Canell (inserció en metacarpi)
 - Posterior
 - Flexor radial carp.
 - Flexor cubital carp
 - Palmar llarg → realitza una flexió neutra
 - Anterior
 - Extensor radial llarg
 - Extensor radial curt
 - Extensor cubital
- Acció dels dits
 - Trifalange
 - Posterior
 - Flexor superficial dels dits
 - Flexor profund dels dits
 - Anterior
 - Extensor comú dels dits
 - Extensor índex
 - Extensor 5è dit
 - Polze
 - Posterior
 - Flexor llarg
 - Flexor curt
 - Anterior
 - Extensor llarg
 - Extensor curt
 - Abductor llarg
 - Abductor curt
 - Oponent
 - Adductor
- Músculs de la mà

Annex 4

En aquest annex s'hi inclouen els codis explicats a l'apartat de programació.

Assaig 1- codi 1

BlinkMoveServoOnDoubleTap | Arduino 1.8.5

Fitxer Edita Esbós Eines Ajuda

```
✓ ↻ 📄 ⬆️ ⬇️ ⬆️ ⬇️
BlinkMoveServoOnDoubleTap
#include <MyoController.h>

//https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Sweep
#include <Servo.h>

//Myo Part
#define FIST_PIN 4
#define WAVEIN_PIN 5
#define WAVEOUT_PIN 6
#define FINGERSSPREAD_PIN 7
#define DOUBLETAP_PIN 8

MyoController myo = MyoController();

Servo myservo; // create servo object to control a servo
// twelve servo objects can be created on most boards

//Servo Part
int pos = 0; // variable to store the servo position

void setup() {
  /*
  pinMode(FIST_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEIN_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);
  pinMode(FINGERSSPREAD_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);
  */
  //Myo Part
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  myo.initMyo();

  //Servo Part
  myservo.attach(9); // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}

void loop()
{
  //Serial.println("HI");
  myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {
  /*
  case rest:
    digitalWrite(FIST_PIN,LOW);
    digitalWrite(WAVEIN_PIN,LOW);
    digitalWrite(WAVEOUT_PIN,LOW);
  */
  }
```



BlinkMoveServoOnDoubleTap

```
void loop()
{
  //Serial.println("HI");
  myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {
/*
  case rest:
    digitalWrite(FIST_PIN,LOW);
    digitalWrite(WAVEIN_PIN,LOW);
    digitalWrite(WAVEOUT_PIN,LOW);
    digitalWrite(FINGERSSPREAD_PIN,LOW);
    digitalWrite(DOUBLETAP_PIN,LOW);
    break;
  case fist:
    digitalWrite(FIST_PIN,HIGH);
    break;
  case waveIn:
    digitalWrite(WAVEIN_PIN,HIGH);
    break;
  case waveOut:
    digitalWrite(WAVEOUT_PIN,HIGH);
    break;
  case fingersSpread:
    digitalWrite(FINGERSSPREAD_PIN,HIGH);
    break;
*/

  case doubleTap:

    //Led Part
    //digitalWrite(DOUBLETAP_PIN,HIGH);
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
    delay(1000); // wait for a second

    //Servo Part
    //cada vegada que fasi el double tap faig 60 graus, si faig més de 180 torno a començar
    pos = (pos+180)%360;
    myservo.write(pos);

    //Led Part
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
    delay(1000); // wait for a second
    break;
  }
  delay(100);
}
}
```

Assaig 2- codi 2

Arduino Sweep | Arduino 1.8.5

Fixer Edita Esbós Eines Ajuda



Sweep

```
/* Sweep
by BARRAGAN <http://barraganstudio.com>
This example code is in the public domain.

modified 8 Nov 2013
by Scott Fitzgerald
http://www.arduino.cc/en/Tutorial/Sweep
*/

#include <Servo.h>

Servo myservo;  // create servo object to control a servo
// twelve servo objects can be created on most boards

int pos = 0;    // variable to store the servo position

void setup() {
  myservo.attach(9);  // attaches the servo on pin 9 to the servo object
}

void loop() {
  for (pos = 0; pos <= 180; pos += 1) { // goes from 0 degrees to 180 degrees
    // in steps of 1 degree
    myservo.write(pos);              // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15);                       // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
  for (pos = 180; pos >= 0; pos -= 1) { // goes from 180 degrees to 0 degrees
    myservo.write(pos);              // tell servo to go to position in variable 'pos'
    delay(15);                       // waits 15ms for the servo to reach the position
  }
}
```

Assaig 3- codi 3

CodiLlum | Arduino 1.8.5

Fitxer Edita Esbós Eines Ajuda

```
CodiLlum $
#include <MyoController.h>

#define FIST_PIN 4
#define WAVEIN_PIN 5
#define WAVEOUT_PIN 6
#define FINGERSSPREAD_PIN 7
#define DOUBLETAP_PIN 8

MyoController myo = MyoController();

void setup() {
  /*
  pinMode(FIST_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEIN_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);
  pinMode(FINGERSSPREAD_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);
  */
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  myo.initMyo();
}

void loop()
{
  //Serial.println("HI");
  myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {

  /*
  case doubleTap:
    //digitalWrite(DOUBLETAP_PIN,HIGH);
    digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
    delay(1000); // wait for a second
    digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
    delay(1000); // wait for a second
    break;
  }
  delay(100);
}

```


Assaig 4- codi 4

myollum_bo | Arduino 1.8.5
Fitxer Edita Esbós Eines Ajuda

```
myollum_bo

#include <MyoController.h>

#define FIST_PIN 4
#define WAVEIN_PIN 5
#define WAVEOUT_PIN 6
#define FINGERSSPREAD_PIN 7
#define DOUBLETAP_PIN 3

MyoController myo = MyoController();

//Possibles estats de la llum
int ences = 0;
int parat = 0 ;
int pampalluga = 0;

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEIN_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);
  myo.initMyo();
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {

    case doubleTap:
      ences = 1;
      parat = 0;
      pampalluga = 0;
      break;

    case waveIn:
      ences = 0;
      parat = 0;
      pampalluga = 1 ;
      break;

    case waveOut:
      ences = 0;

```



myollum_bo

```
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEIN_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);
  myo.initMyo();
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {

myo.updatePose();
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {

    case doubleTap:
      ences = 1;
      parat = 0;
      pampalluga = 0;
      break;

    case waveIn:
      ences = 0;
      parat = 0;
      pampalluga = 1 ;
      break;

    case waveOut:
      ences = 0;
      parat = 1;
      pampalluga = 0;
      break;
  }

  if (ences ==1) digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  if (parat ==1) digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  if (pampalluga ==1) pampall();
}

void pampall()
{
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
}
```

Assaig 5 – codi definitiu

myoambmotor | Arduino 1.8.5

Fitxer Edita Esbós Eines Ajuda

```
myoambmotor $
#include <MyoController.h>

#define FIST_PIN 4
#define WAVEIN_PIN 5
#define WAVEOUT_PIN 6
#define FINGERSSPREAD_PIN 7
#define DOUBLETAP_PIN 3

MyoController myo = MyoController();

// Possibles estats del motor
int horari = 0;
int antihorari = 0 ;
int parar = 0;

//definicion de pins
const int motorPin1 = 8; // 28BYJ48 In1
const int motorPin2 = 9; // 28BYJ48 In2
const int motorPin3 = 10; // 28BYJ48 In3
const int motorPin4 = 11; // 28BYJ48 In4

//definicion variables
int motorSpeed = 1200; //variable para fijar la velocidad
int stepCounter = 0; // contador para los pasos
int stepsPerRev = 4076; // pasos para una vuelta completa

//tablas con la secuencia de encendido (descomentar la que necesiteis)
//secuencia 1-fase
//const int numSteps = 4;
//const int stepsLookup[4] = { B1000, B0100, B0010, B0001 };

//secuencia 2-fases
//const int numSteps = 4;
//const int stepsLookup[4] = { B1100, B0110, B0011, B1001 };

//secuencia media fase
const int numSteps = 8;
const int stepsLookup[8] = { B1000, B1100, B0100, B0110, B0010, B0011, B0001, B1001 };

void setup()
{
  //declarar pines como salida
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);
}
```

```
myoambmotor$  
  
void setup()  
{  
  //declarar pines como salida  
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);  
  pinMode(motorPin4, OUTPUT);  
  pinMode (FIST_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(DOUBLETAP_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(WAVEOUT_PIN, OUTPUT);  
  myo.initMyo();  
}  
  
void loop()  
{  
  
myo.updatePose();  
  switch ( myo.getCurrentPose() ) {  
  
    case doubleTap:  
      horari = 0;  
      antihorari = 0;  
      parar = 1;  
      break;  
  
    case fist:  
      horari = 1;  
      antihorari = 0;  
      parar = 0 ;  
      break;  
  
    case waveOut:  
      horari = 0;  
      antihorari = 1;  
      parar = 0;  
      break;  
  }  
  
  if (horari ==1) clockwise() ;  
  if (antihorari == 1) anticlockwise();  
  // if (parar ==1) ;  
}  
  
void clockwise()  
{  
  stopCurrent();
```

```
myoambmotor$
antihorari = 0;
parar = 1;
break;

case fist:
horari = 1;
antihorari = 0;
parar = 0 ;
break;

case waveOut:
horari = 0;
antihorari = 1;
parar = 0;
break;
}

if (horari ==1) clockwise() ;
if (antihorari == 1) anticlockwise();
// if (parar ==1) ;
}

void clockwise()
{
stepCounter++;
if (stepCounter >= numSteps) stepCounter = 0;
setOutput(stepCounter);
}

void anticlockwise()
{
stepCounter--;
if (stepCounter < 0) stepCounter = numSteps - 1;
setOutput(stepCounter);
}

void setOutput(int step)
{
digitalWrite(motorPin1, bitRead(stepsLookup[step], 0));
digitalWrite(motorPin2, bitRead(stepsLookup[step], 1));
digitalWrite(motorPin3, bitRead(stepsLookup[step], 2));
digitalWrite(motorPin4, bitRead(stepsLookup[step], 3));
}
}
```