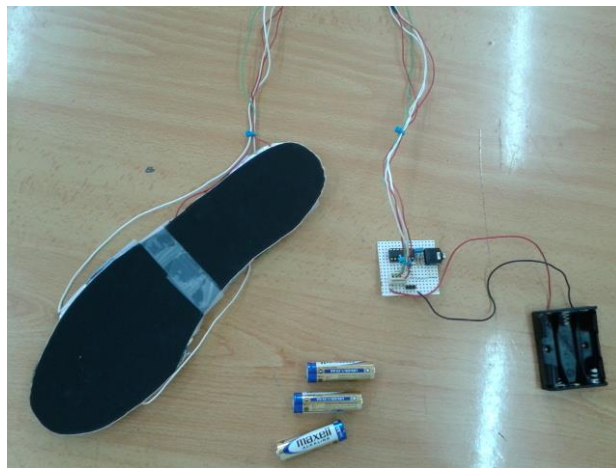


# El peu:

# Mesures biomètriques



Sergio Ruiz Vargas

Curs: 2n BATX A

Tutor: Jordi Orts

Treball de recerca

# ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ.....	4
2. EL PEU HUMÀ.....	6
2.1. El peu: Què és?.....	6
2.2. Anatomia del peu humà.....	6
2.2.1. El sistema ossi.....	6
2.2.2. La musculatura del peu .....	7
2.2.3. La volta plantar .....	9
2.2.4. Articulacions i lligaments .....	10
2.3. Fisiologia del peu .....	11
2.3.1. Funció del peu.....	11
2.3.2. Tipus de peu .....	12
2.3.3. La marxa humana.....	14
2.3.4. La trepitjada del corredor.....	14
2.4. Patologies del peu.....	16
2.4.1. Deformitats del peu.....	17
2.5. Plantilles ortopèdiques .....	20
3. EL SISTEMA PICAXE .....	22
3.1. Microcontroladors PICAXE.....	22
3.2. Llenguatge de programació .....	23
3.3. Bàsic de PICAXE .....	24
4. DISSENY I CONSTRUCCIÓ D'UN SISTEMA DE MESURES: PLANTILLA DE PEU .....	25
4.1. Primers passos: proves amb uns sensors de pressió.....	25
4.2. Proves amb el sensor de pressió esponjós .....	28
4.3. Muntatge d'una placa de control PICAXE .....	32
4.3.1. Disseny de la placa.....	32
4.3.2. Muntatge y soldadura dels components.....	35
4.4. Fabricació de la plantilla .....	37
4.5. Disseny del programa PICAXE final .....	39
4.6. Resultats i millores .....	40
4.7. Pressupost.....	43
5. CONCLUSIONS .....	45

6. ANNEXOS .....	46
6.1. Experiència <i>asics runner lab</i> .....	46
6.2. Imatges dels esbossos de la placa de control.....	47
6.3. Programes PICAXE no definitius .....	48
7. BIBLIOGRAFIA .....	50
7.1. Webs .....	50
7.2. Llibres.....	52
8. AGRAÏMENTS .....	53

# 1. INTRODUCCIÓ

He decidit fer aquest treball, perquè sóc un amant de la fisioteràpia, però a més, m'apassiona molt la tecnologia. Per aquesta raó, vaig intentar buscar un treball que pogués relacionar les dues coses, ja que penso que en el futur l'ús de les noves tecnologies serà molt important per a la medicina.

Actualment, la gent té més consciència de la importància del nostre cos, i la importància de cuidar-nos a nosaltres mateixos. Tant els esportistes com els que no practiquen esport, s'han adonat que és essencial mantenir sempre un estat físic i mental òptim, que ens permeti fer vida normal sense molèsties. Per mi és important mantenir una condició física acceptable, i sempre que es detecti algun símptoma o problema corregir-lo ràpidament de la millor manera possible. Per això, va sorgir la idea de construir un sistema de mesures que permetés conèixer el teu estat físic i a la vegada poder prevenir alguna lesió que s'ha de corregir.

Inicialment, vaig tenir unes quantes idees en ment, com la construcció d'un sistema de mesures col·locat a la mandíbula, una plantilla de peu, o fins i tot un podoscopi<sup>1</sup>. De totes les idees, vaig decantar-me per la construcció d'un plantilla de peu amb un sistema de mesures incorporat, ja que crec que les dades que es reben del peu són de les més importants i interessants, i a més, són molt útils per a la societat

L'objectiu del treball és investigar, dissenyar, construir, programar i provar un sistema de mesures que pugui ser útil per a la societat, però que a més pugui ser construïda a preu raonable, ja que crec que sense arribar a utilitzar materials molt sofisticats, es pot arribar a aconseguir uns resultats molt semblants. Per això, hem preguntat: És possible la construcció d'un sistema mesures a preu raonable? . La meva expectativa és que un cop finalitzat el projecte la gent pugui utilitzar la plantilla per poder comprovar l'estat del seu peu.

El treball està dividit en dues parts clarament diferenciades, la part teòrica i la part pràctica. La part teòrica consisteix en una recerca d'informació sobre el peu en general, que després em pogués ser útil a l'hora de la construcció de la plantilla. Aquesta informació va des del concepte peu humà, fins els tipus que hi ha, com estan formats i

---

<sup>1</sup> Podoscopi: Instrument utilitzat per els podòlegs que estudia possibles patologies dels peus, i que és fundamental a l'hora de fabricar plantilles de peu.

les seves patologies. Per poder elaborar aquesta part, s'ha buscat informació a la xarxa i s'ha consultat en algun llibre. Les imatges del treball provenen d'Internet, però també hi ha algunes que han estat capturades durant la realització del projecte. Per altre banda, la part pràctica tenia l'únic objectiu final de construir el sistema de mesures. En aquesta part s'han fet pràctiques amb diferents sensors, xips i programes, i s'ha hagut de fer front a alguns problemes que s'han anat solucionant al llarg del temps. Tot aquest procés de construcció, disseny i investigació està explicat en la segona part del treball.

## 2. EL PEU HUMÀ

### 2.1.El peu: Què és?

El peu és la part final de les extremitats inferiors, que porta el pes del cos i permet la locomoció, i està format per una estructura de ossos, articulacions, músculs i altres components. En el cas dels humans, els peus són les extremitats de les cames, i apart de portar tot el pes, fan possible una locomoció bípeda possibilitant una posició vertical.

El peu està format per la planta, part inferior del peu, i per l'empenya, part superior del peu que va des dels dits fins la unió amb la cama. En quant als ossos, està format per les falanges (ossos dels dits), els metatars i els ossos del tars.

Les mides dels peu són molt relatives i varien molt depenent de la persona i de la seva complexió, tot i això, és més normal que els peus dels homes siguin més grans que els de les dones.

### 2.2. Anatomia<sup>2</sup> del peu

#### 2.2.1. El sistema ossi

Els ossos són òrgans durs i resistents que formen l'esquelet dels vertebrats. Els ossos dels peu (juntament amb els de les mans) són els més petits del cos, però han de ser molt forts, ja que han de suportar tot el pes corporal.

No existeixen dos peus completament iguals, però l'estructura atòmica és idèntica per a totes les persones. Tots els peus humans contenen 26 ossos. Aquests ossos es divideixen en tres grups, les falanges, el metatars i els ossos del tars.

El tars està format per set ossos que són els més forts, ja que sobre ells descansa la major part del corporal. Els set ossos que formen el tars són:

- Astràgal
- Calcani
- Escafoides

---

<sup>2</sup> Anatomia: Ciència que estudia la forma i estructura externa i interna dels éssers vius, especialment del cos humà.

- Falques (Són tres ossos)
- Cuboides

Els metatars està format per cinc ossos llargs anomenats metatarsians.

Les falanges són els ossos dels dits, i cada dit està format per tres falanges excepte el dit gros que està format per dos

El peu es pot dividir en tres seccions: peu davanter, peu mig i la part de darrera del peu. El peu davanter està format per cinc metatarsians i catorze falanges. El peu mig està format per cinc dels set ossos del tars, i la part de darrera del peu està format pels altres dos ossos del tars.



*Imatge 1: Sistema ossi del peu*

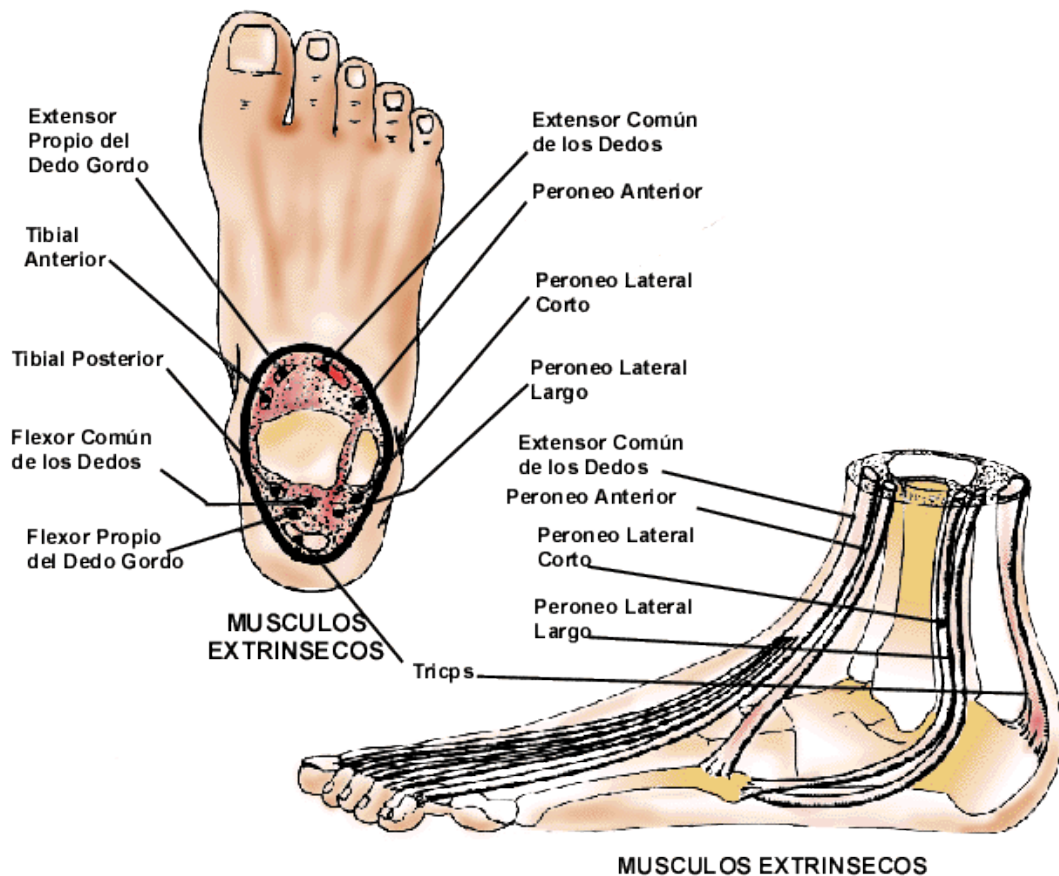
### 2.2.2. La musculatura del peu

Els ossos constitueixen l'armadura de suport del peu; els músculs, que estan lligats als ossos pels tendons, garanteixen el moviment. En general, els músculs no treballen per separat sinó que ho fan per grups. Llavors, quan es realitza un moviment actuen uns quants músculs alhora.

Els músculs del peu són petits i curts i es divideixen en dos grups depenent el seu origen: músculs extrínsecs i músculs intrínsecs.

Els músculs extrínsecs s'originen a la cama i s'uneixen als ossos del peu. Són els encarregats del moviment del turmell i el peu. Els músculs extrínsecs es classifiquen en músculs anteriors i músculs posteriors.

Els principals músculs extrínsecs són: flexors plantars, músculs extensors, músculs inversors i músculs eversors.

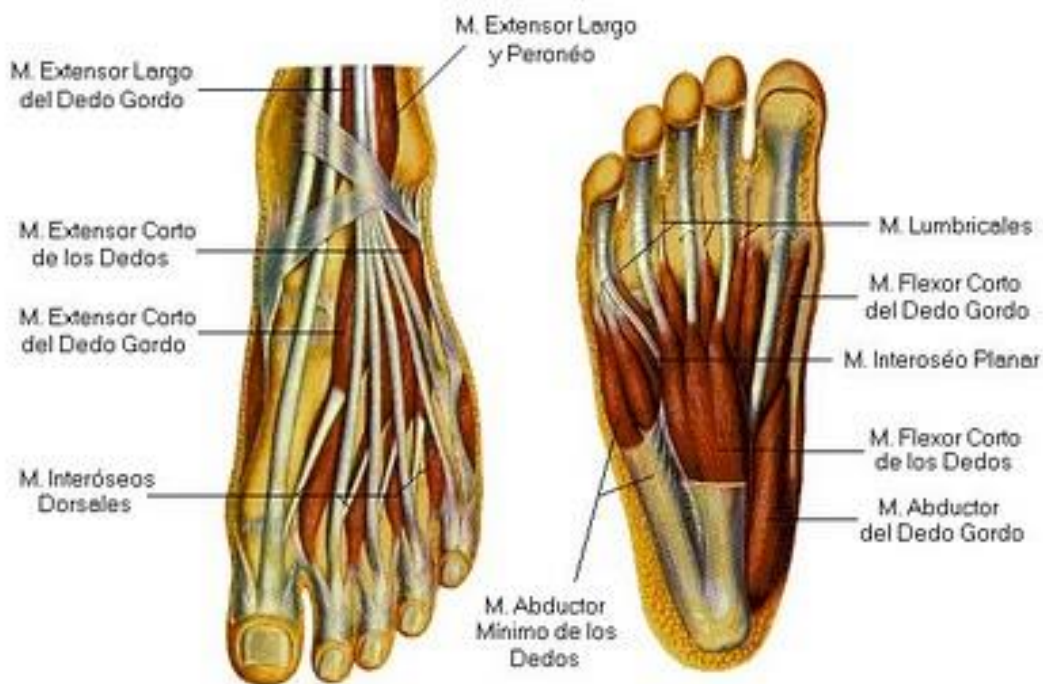


*Imatge 2: Músculs extrínsecs*

Els músculs intrínsecs tenen origen i terminació en el peu i són els encarregats de moure els dits. Els músculs intrínsecs es divideixen en músculs de la planta del peu i músculs del dors del peu.

Els principals músculs intrínsecs del peu són: lumbrical, flexors curts, extensors curts, dorsals plantars i abductors.





*Imatge 3: Músculs Intrínsecs*

### 2.2.3 La volta plantar

La volta plantar és la part anatòmica que formen els ossos, els músculs i els lligaments, situada sota del peu. Aquesta volta és molt elàstica, i gràcies a això s'adapta perfectament a terrenys irregulars. Fa la funció d'amortidor de forces durant la marxa.

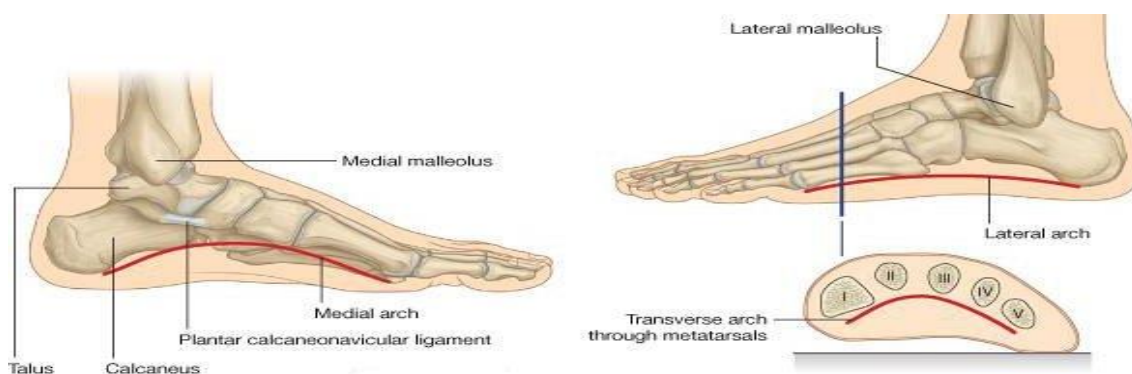
La volta plantar té forma triangular o de corba, el que significa que no totes les parts del peu entren en contacte amb el terra. Si una persona recolza tota la planta del peu al terra, significa que té el peu pla. En total existeixen tres punts de recolzament de la volta plantar amb el terra. Aquests punts de recolzament formen el trípede plantar. A més, aquesta volta plantar és sostinguda per tres arcs.

El trípede plantar està format per tres punts, un a la part posterior del peu i dos a la part anterior, encara que el pes no es reparteix de forma igual pels tres. El primer punt és el taló (os calcani), i suporta  $3/6$  parts del pes total. El segon punt és el cap de primer metatarsià i suporta  $1/6$  part del pes total. Per últim, l'altre punt de recolzament es troba en el cap de cinquè metatarsià, que suporta  $2/6$  parts del pes total.



*Imatge 4: Punts de recolzament de la volta plantar.*

Tal i com s'ha dit abans, la volta plantar també està sostinguda per tres arcs. Gràcies als músculs i als lligaments, els arcs mantenen la seva curvatura. El primer arc és l'arc intern, és l'arc més llarg, alt i important de la volta. L'arc va des de el primer metatarsià fins el calcani. El segon arc és l'arc extern. És un arc baix i de longitud mitjana. S'estén entre el cinquè metatarsià i el calcani. Finalment, hi ha l'arc anterior, que és un arc de mitjana altura i el més curt dels tres. Està situat entre el primer i el cinquè metatarsià.



*Imatge 5: Arcs que conformen la volta plantar*

#### 2.2.4 Articulacions i lligaments

El peu està format per una sèrie d'articulacions que tenen la funció construir punts d'unió entre els components de l'esquelet, principalment la unió entre dos o més ossos, i la funció de facilitar moviments mecànics al peu que donen elasticitat i plasticitat al cos.

Les principals articulacions del peu són:

- Articulació supra-astragalina
- Articulació astragalotarsiana

- Articulació calcanicuboidea
- Articulacions del tars
- Articulacions tars-metatarsianes
- Articulacions metatarsfalàngiques

El peu també està format per lligaments que són unes fibres resistents fundamentals pel moviment dels ossos. Els lligaments uneixen i estableixen els ossos amb les articulacions.

Els principals lligaments del peu són:

- Lligament tibio-astragali
- Lligament peroneal-astragali
- Lligament peroneal-calcáni
- Lligament calcáni-astragali
- Lligament "spring"
- Lligament en Y de Chopart
- Lligament de Lisfranc
- Lligament calcáni-cuboideo
- Lligament tibio-peroneo

## **2.3. Fisiologia<sup>3</sup> del peu**

### **2.3.1. Funció del peu**

Els peus són una part fonamental del cos humà, ja que és la única part del cos en contacte amb el terra quan estem de peu i la seva funció principal consisteix en suportar el pes del nostre cos per poder desplaçar-nos de forma bípeda. Però, per complir això, els peus han de complir tres funcions bàsiques:

---

<sup>3</sup> Fisiologia: ciència que estudia les funcions dels éssers orgànics.

- Adaptar-se a superfícies irregulars: els peus han de tenir plasticitat suficient per poder adaptar-se a una superfície desigual i han de ser capaços de mantenir l'equilibri del cos.
- Actuar com amortidors: els peus actuen com una palanca rígida, que produeix forces de propulsió necessàries per caminar.
- Absorbir el constant impacte del peu a l'hora de recolzar-lo al terra.

Quan es compleixen aquestes tres funcions, el peu és capaç de fer activitats com caminar, saltar i córrer.

Els ossos formen la carcassa del peu, i els músculs que estan lligats als ossos pels tendons, produeixen el moviment. Els músculs i tendons treballen conjuntament amb els ossos i lligaments per a que els peus aconseguixin realitzar aquestes funcions. Això si, si algun d'aquests components no funciona perfectament, els altres es poden veure afectats i poden haver problemes.

### **2.3.2 Tipus de peu**

Actualment, es distingeixen tres tipus de peu, cadascun amb característiques i debilitats diferents als altres. És important conèixer els diferents tipus de peu, ja que a l'hora d'escollir un calçat, s'ha d'escollir el que sigui més còmode per a nosaltres tenint en compte les nostres característiques.

Els tres tipus de peu són:

#### Peu egipci

Aquest tipus de peu és el que es troba a les estàtues dels faraons, i correspon a l'ideal de bellesa que tenien els artistes egipcis en l'antiguitat. Possiblement sigui el peu que s'adapti millor a la majoria d'activitats. En aquest tipus de peu, el dit gros és el més llarg de tots, i els altres el segueixen en ordre decreixent fins arribar al dit petit que és el més curt. És el tipus de peu més comú mundialment i la gran majoria de sabates estan adaptades a aquest tipus.



*Imatge 6: Peu egipci*

### Peu grec

Aquest tipus de peu es troba a les estàtues gregues antigues, i segons la llegenda significava força, intel·ligència i atracció. En aquest tipus de peu, el segon dit (el del costat del dit gros) és el més llarg, superant el dit gros que és el segon més llarg. El tercer té una mida semblant al dit gros, i els altres són més petits. Aquest tipus de peu, recolza amb més intensitat a la part davantera, i pot tenir problemes amb les sabates punxegudes.



*Imatge 7: Peu grec*

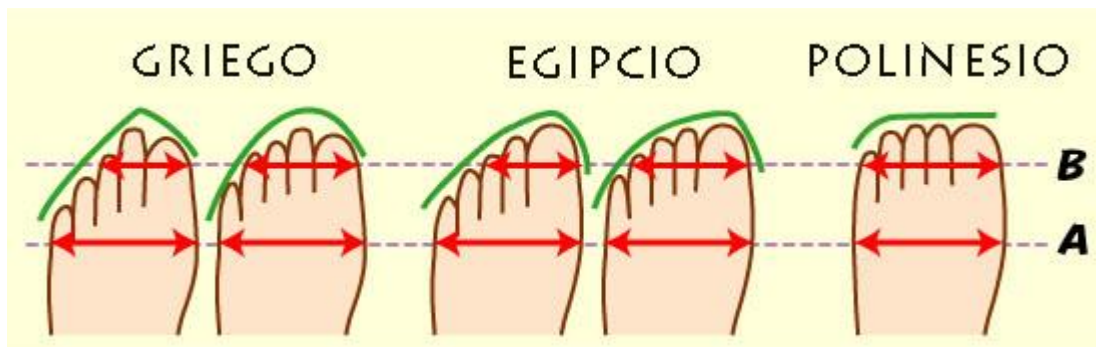
### Peu polinesi (quadrat o romà)

En aquest tipus de peu tots els dits tenen pràcticament la mateixa longitud, excepte en alguns casos, que el dit petit pot ser una mica més petit.



*Imatge 8: Peu polinesi*

És el tipus de peu menys comú en el món, i es poden tenir problemes a l'hora d'escollir sabates, ja que potser no hi ha espai suficient per tots els dits.



Imatge 9: Els tres tipus de peu, i les mides dels dits

### 2.3.3. La marxa humana

La marxa humana és un mètode de locomoció bípeda realitzada amb tots els membres inferiors. Durant tota la fase, el peu mai deixa de tenir contacte amb el terra, sigui amb un o els dos peus alhora. En canvi, corrents o saltant hi ha fases on no hi ha contacte amb el terra.

La marxa humana està formada per quatre fases. La primera és la fase de contacte i consisteix en el recolzament del taló amb el terra i la part de pronació del peu (gir natural del peu cap endins al caminar) per absorbir el xoc amb el terra i reconèixer el tipus de terreny. La segona és la fase de recolzament mig, és a dir el pes del cos passa de la part posterior del peu, a la part del mig. La tercera fase és la propulsió, que consisteix en traspasar el pes del cos a la part del avantpeu, i començar a enlairar el taló. Per últim, hi ha la fase de balanceig, que consisteix en enlairar el peu completament i anar col·locant-lo en la posició inicial per poder tornar a començar el cicle recolzant el taló al terra.

### 2.3.4. La trepitjada del corredor

Córrer és un esport de constant impacte amb el terra. Cada cop que es realitza una gambada el cos sofreix un impacte, que es transmet pel sistema ossi. Per això, és important de quina manera repartim la força que rep la planta del peu a cada gambada, ja que depenent de com sigui la trepitjada, es poden produir lesions. No tots els corredors recolzen el peu al terra de la mateixa manera, existeixen tres tipus diferents de trepitjades. Els millors mètodes per corregir trepitjades incorrectes és amb la utilització de plantilles ortopèdiques, o amb la utilització de sabates específiques pel teu tipus de

trepitjada. Actualment, tothom es pot fer un estudi de la seva trepitjada en diferents laboratoris, i d'aquesta manera saber quin calçat pot ser el més beneficiós per cadascun i poder evitar futures lesions.

Tal i com he dit abans, existeixen tres tipus de trepitjades que són:

- **Pronador:** Aquest tipus de trepitjada consisteix en la rotació del peu i els turmells cap a la zona interior. Amb la pronació es disminueix la intensitat del impacte del peu amb el terra necessari per adaptar-se a terrenys irregulars, i gràcies a ella, s'eviten moltes lesions. No obstant, es diu que un corredor és pronador quan imprimeix un excés de força cap a la zona interior del peu. A causa d'això, es produeix un excés de gir del turmell i es poden produir múltiples lesions greus als genolls. Aproximadament la meitat dels corredors pateixen excés de pronació.
- **Neutre:** En aquest tipus de trepitjada, els turmells no giren en cap direcció, ni cap a l'interior ni cap a l'exterior. Es tracta d'un moviment natural que no necessita correcció, i que posseeixen un petit número de corredors.
- **Supinador:** Aquest tipus de trepitjada és l'efecte contrari a la pronació, es produeix un major recolzament del pes del cos cap a la part externa del peu. Quan es produeix aquest tipus de trepitjada, el turmell està orientat cap a l'exterior i el peu té poca capacitat de moviment. A més, el peu és incapaç de produir pronació, amb la conseqüència de no poder disminuir la intensitat del impacte del peu amb el terra, i provocant un increment del risc de patir lesions. És el tipus de trepitjada menys habitual.



Imatge 10: Els tres tipus de trepitjades.

## 2.4. Patologies del peu

Una patologia és una malaltia. El peu com totes les parts del cos humà, també pateix diferents malalties. Algunes són més perilloses que altres, però totes són iguals d'importants i totes s'han de tractar el millor possible. Les principals patologies del peu són:

### Galindó (hallux valgus)

És un dels problemes més comuns en els peus, i es caracteritza per la inflor a voltant de dit gros principalment o del dit petit, provocant problemes al caminar.



*Imatge 11: Galindó*

### Metatarsàlgia

Aquesta patologia consisteix en l'aplanament de la volta plantar com a conseqüència d'un mal calçat. Pot ser molt dolorós, especialment entre el segon i el quart dit.

### Dits en urpa o martell

Consisteix en l'encongiment i una petita elevació dels dits, impedit la seva flexió i extensió. Sol ser produït al segon i tercer dit, i pot ser molt molestat.

### Dits muntats

Malformació del peu en la qual els dits es munten un sobre l'altre. Els dits també es troben mal alineats i pot modificar la musculatura del peu.



*Imatge 12: Dits muntats*

### Ungles encarnades

Aquesta malaltia consisteix en el mal creixement de l'ungla, que a la vegada que creix, es va clavant a la pell provocant una inflamació i un fort dolor. Aquesta malaltia pot ser deguda a un efecte genètic, a causa d'un mal calçat, o per tallar-se les ungles de manera inadequada. Si la infecció està molt avançada és important visitar un especialista.



### Tendinitis

Consisteixen la inflamació del tendó del múscul que s'aconsella tractar amb repòs. El cas més important és la inflamació de tendó d'Aquiles, localitzat a la part posterior del peu

### Fascitis plantar

Inflamació produïda per l'excés estirament dels músculs de la planta del peu.

### Esperó del calcani

Patologia molt dolorosa produïda per una alteració en l'os calcani



*Imatge 13: Esperó calcani*

### Ampolles

Consisteix en la producció d'un líquid sota la pell i que causa la seva elevació. Són molt molestes i no es recomana trencar-les. Es poden produir per fregament amb un calçat dur o per llargues exposicions del peu al sol.

### Frecs

Irritació de la pell, que agafa un color vermellós i es mostra més sensible a factors externs. Són produïts per fricció del peu, i l'ús de calçat inadequat.

### Peu diabètic

Elevació de sucre a la sang que pot afectar el sistema vascular del peu. Consisteix en un desordre del metabolisme, especialment dels glúcids. Les persones diabètiques han de tenir especial cura dels seus peus.

### Calls

Acumulació de cèl·lules mortes en una zona del peu, produïdes com a mecanisme de defensa contra una pressió o una fricció excessiva a causa d'un calçat massa estret.

### Bursitis

Irritació en les bosses sinovials que acompanyen les articulacions del peu encarregades de l'amortiment i el moviment del peu.

## **2.4.1. Deformitats del peu**

Una deformitat és una irregularitat en la forma del cos o d'una part del cos, respecte amb

la seva forma més normal. El peu també pot presentar diferents deformitats, i es classifiquen en dos grups, congènites i adquirides. Les primeres són degudes a factors hereditaris, i es manifesten en el naixement. Les segones es produeixen per factors no hereditaris o mal hàbits que modifiquen la forma del peu. Existeixen unes quantes deformitats en el peu, però les més importants són les següents:

#### Peu equí

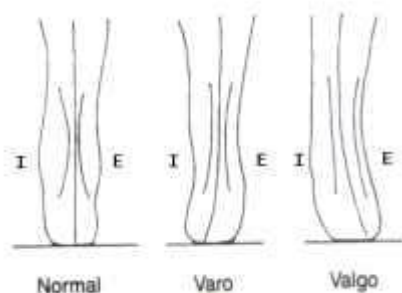
Deformitat en la qual el peu es troba en una posició de flexió plantar respecte la cama. Els individus que la pateixen caminen de puntetes ja que el taló no entra en contacte amb el terra. Pot ser causada per un trastorn congènit, o per problemes amb el taló d'Aquiles. Normalment, no es presenta sola, sinó que va acompanyada d'altres deformitats.

#### Peu valg

Deformitat en la qual el peu pateix una desviació lateral del taló, i en que es produeix un desplaçament de càrregues cap a zona del mig del peu. Pot anar associat a altres deformitats, i sol ser causat per problemes musculars i als lligaments. Les conseqüències és que el peu queda mal alineat i pot produir lesions o patologies.

#### Peu var

Deformitat congènita del peu, en la qual la planta del peu està orientada cap a l'interior, i només hi ha un recolzament de la part externa del peu i els dits dels extrems. També pot estar associada a altres deformitats com per exemple, peu equinovar.



*Imatge 14: Comparació peu normal, peu var i peu valg.*

#### Peu buit

Deformitat en la qual l'altura de la volta plantar és excessiva respecte l'altura normal. Això provoca que la superfície de contacte del peu amb el terra sigui petita, carregant tot el pes a les parts posterior i anterior del peu. Aquesta deformitat pot causar diferents patologies com els dit en urpa o fascitis plantar, o també pot causar problemes en els músculs, com el seu escurçament, afectant principalment la zona dels dits. La seva

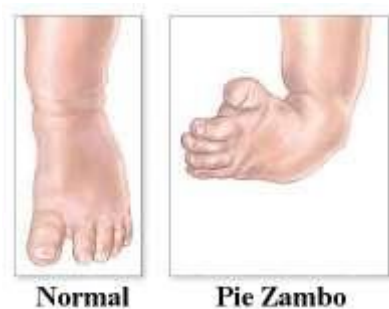
formació pot tenir diverses causes, tant congènites com adquirides, però sens dubte el millor mètode per arreglar-ho són la utilització de plantilles ortopèdiques.

### Peu pla

Deformitat en la qual l'altura de la volta plantar és mínima, per tant hi ha desaparició de l'arc intern de peu, i es produeix un augment de la superfície de contacte del peu amb el terra. Aquesta deformitat és més comú en els nens petits, i és produïda per debilitació de les articulacions del peu. Hi ha dos tipus de peus plans, el peus plans fisiològics i els peus plans patològics. En els primers, hi ha aparició de l'arc del peu, quan la persona es troba tombada, però desapareix quan la persona es col·loca de peu degut al pes corporal. El segon és més dolorós i són produïts de forma secundària a causa d'una altre malaltia.

### Peu zambo

Deformitat congènita, que consisteix en tres deformitats simultànies. El taló es presenta de forma equinovar, i el avant peu (dits i metatars) de forma adducte i supinat. Això provoca una inversió del peu i aquest es corba cap endins i cap avall. És comú en els nens petits, però encara no se sap certament quina és la causa que ho provoca.



*Imatge 15: Comparació peu normal i peu zambo*

### Peu adducte

Deformitat lleu que afecta a la part anterior del peu, i consisteix en una desviació medial (cap al centre) dels metatars i dels dits. El avantpeu pot tenir una lleu supinació, i el taló pot ser normal o una mica valg. Aquesta deformitat no se sap exactament perquè és causada però es creu que pot ser degut a causes congènites o a males posicions del fetus abans de néixer.



*Imatge 16: Peu adducte on s'aprecia una desviació medial dels*

*dits*

Un dels objectius de la meva plantilla, a part de detectar la quantitat pressió en el recolzament del peu, és poder comprovar que no es tingui cap patologia. Si a l'hora de rebre resultats, trobem que es fa més pressió amb una zona del peu que en altre, o que simplement es fa pressió on no es deuria, això pot ser símptoma de problema. Per exemple, una persona que utilitzi la plantilla i en els resultats aparegués que fa pressió amb la part central del peu, vol dir que pot patir peu pla. Si en canvi, es fa més pressió de la que seria normal sobre la punta i el taló, es podria tractar de peu buit. Per detectar peus vars o peus valg, la pressió hauria de ser més intensa a l'exterior o interior del peu respectivament. Si la pressió fos molt intensa a la part anterior del peu, es podria tractar de peu equí. Per tant, amb la plantilla, seria difícil detectar una patologia amb certesa, però si es podria tenir una idea.

## **2.5. Plantilles ortopèdiques**

Les plantilles ortopèdiques són un instrument aplicat en la planta del peu, que són de gran ajuda per corregir o alleujar determinades condicions podològiques, amb l'objectiu de millorar la nostra qualitat de vida i tenir major confort al caminar. Les plantilles ortopèdiques són recomanades per a persones amb deformacions als peus o per a persones amb lesions. Són molt importants per persones amb peu diabètic, perquè disminueixen la pressió en el recolzament, i es poden evitar l'aparició d'úlceres (obertura de la pell). A més, són importants per corregir problemes al caminar en els nens, per evitar problemes en un futur.

La funció de les plantilles ortopèdiques és millorar la funcionalitat dels peus amb defectes i problemes. Per aconseguir això s'equilibren i es distribueixen les càrregues que han de suportar els nostres peus, que a causa d'aquests problemes es troben desequilibrades. També, ajuden a prevenir lesions i millorar molèsties que es tinguin. En definitiva, l'objectiu de les plantilles és obtenir un marxa còmode i funcional.

No sempre es fàcil saber si es necessiten plantilles ortopèdiques o no. És important saber que només un podòleg ens pot indicar si es necessari la utilització de plantilles personalitzades al teu peu, amb un disseny i materials específics, ja que no és recomanable la utilització de plantilles genèriques o d'una altre persona. Per això, si

s'estan experimentant molèsties als peus o al caminar, és important visitar un podòleg, i després d'una detallada revisió, ens indiqui si necessitem plantilla o no.



*Imatge 17: Plantilla ortopèdica*

Existeixen dos tipus de plantilles ortopèdiques, les prefabricades o genèriques, i les personalitzades. Les plantilles prefabricades no són gens recomanades ja que no solen ajustar-se correctament al peu, degut a que tenen unes mides estàndard. Les plantilles personalitzades, són plantilles fetes a partir d'un estudi previ del teu peu agafant les teves mides. D'aquest tipus de plantilles, hi ha diferents tipus, depenent quin sigui l'objectiu terapèutic:

- Plantilles correctores: són les plantilles utilitzades en la infància per evitar deformacions.
- Plantilles preventives: són les plantilles utilitzades per prevenir l'aparició de lesions o deformacions.
- Plantilles pal·liatives: plantilles amb les càrregues redistribuïdes per alleujar dolor.
- Plantilles compensadores: són les plantilles utilitzades en cas de ja existir problemes i deformacions, amb l'objectiu de corregir-los i evitar altres problemes.

Per a que les plantilles funcionin correctament, és important saber escollir les sabates més adequades per a la situació. La utilització d'un calçat adequat juntament amb la plantilla correcta, permetrà obtenir confort i una correcció correcta. És recomanable, utilitzar sabates per a plantilles, que és un tipus de sabata específica per ajudar a portar plantilles, ja que el disseny és l'ideal per a la incorporació de la plantilla, i no es produeixen molèsties. Per tant, els resultats són més efectius. No obstant, avui dia la majoria de sabates poden servir per portar plantilla de manera normal.

### 3. EL SISTEMA PICAXE

#### 3.1. Microcontroladors PICAXE

Els microprocessadors són uns xip, capaços d'executar un programa escrit amb zeros i uns emmagatzemat a la memòria principal. Normalment, són aplicats a un ordinador, tot i que també serveixen per a moltes màquines, i solen ser utilitzats com elements de control electrònics. Aquest microprocessador representa el cervell d'aquestes. No obstant, per fer les seves funcions, requereix de tota una sèrie d'elements auxiliars.

Actualment, han anat apareixent una sèrie de xips, que a més del microprocessador, incorporen una gran part d'elements auxiliars necessaris pel seu funcionament. Els circuits integrats que incorporen aquests components bàsics (CPU, memòria i unitats E/S) se'ls anomena microcontroladors. Per tant, un microcontrolador seria un computador complet en un circuit integrat, dissenyat per a disminuir el cost econòmic i el consum d'energia d'un sistema en particular.



*Imatge 18: Microcontrolador Motorola*

El PICAXE és un sistema de microcontroladors fàcils de programar amb les característiques de la nova generació de microcontroladors: baix cost i memòria FLASH. La major característica del sistema PICAXE és la seva senzillesa. El microcontrolador es programa de manera molt senzilla en Bàsic, un llenguatge molt senzill i fàcil d'aprendre, o amb diagrames de flux mitjançant una connexió de tres fils connectada per USB a l'ordinador. Aquests microcontroladors són subministrats pel fabricant preprogramats amb un petit programa intern capaç d'interpretar el llenguatge BASIC, portes lògiques o diagrames de flux. Això facilita molt la programació d'aquests microcontroladors. A més, existeixen un munt de tutorials que poden ajudar a l'hora de començar a utilitzar un PICAXE.

## 3.2. Llenguatge de programació

Un llenguatge de programació és un llenguatge informàtic que pot ser utilitzat per controlar el comportament d'una màquina, normalment un ordinador. Consisteix en un conjunt de símbols i regles sintàctiques i semàntiques que defineixen la seva estructura i el significat dels seus elements. Aquestes regles permeten especificar sobre quines dades ha d'operar una computadora, com han de ser transmesos i emmagatzemats, i les accions que realitzarà el programa. Tot això, es produeix a través d'un llenguatge que intenta semblar-se relativament al llenguatge humà.

Actualment, existeixen milers de llenguatges de programació a la vegada que se'n van creant de nous contínuament. Aquests llenguatges normalment es classifiquen en llenguatges de baix nivell i llenguatges d'alt nivell. Els primers són propers al codi binari i específics d'un tipus d'ordinador, en canvi els llenguatges d'alt nivell són més semblants al llenguatge humà i independents del tipus d'ordinador.

Els llenguatges de programació també es poden classificar segons el seu nivell jeràrquic o segons l'ús de les instruccions.

Segons el seu nivell jeràrquic, els llenguatges es classifiquen de la següent manera:

- Primera Generació (Baix nivell): Llenguatge molt bàsic que se centra en nombres en codi binari. En realitat és l'únic que comprèn l'ordinador.
- Segona Generació (Baix nivell): Utilització de nombres i variables i limitat al tipus de màquina per la qual es desenvolupa.
- Tercera Generació (Alt nivell): Llenguatges fàcils d'entendre i utilitzar perquè segueixen unes ordres que intenten semblar-se al llenguatge humà.
- Quarta Generació (Alt nivell): Són els més semblants a la sintaxi del llenguatge humà.

Segons l'ús de les instruccions, els llenguatges es classifiquen de la següent manera:

- Llenguatges imperatius
- Llenguatges funcionals
- Llenguatges lògics
- Llenguatges orientats a objectes
- Llenguatges concurrents

### 3.3. El BASIC de PICAXE

BASIC és una família de llenguatges de programació d'alt nivell fàcil d'usar. El nom "BASIC" prové de l'acrònim anglès Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code (Codi simbòlic d'instruccions multipropòsit per principiants). Es va implantar al sector dels ordinadors en els anys 80 i encara avui encara existeix, però bastant millorat.

El sistema PICAXE és un sistema de programació amb molt bones prestacions, molt econòmic i dissenyat especialment per a la iniciació i l'educació.

Per a la programació durant el meu projecte, vaig utilitzar el programa informàtic "*PICAXE programming editor*" que permet desenvolupar aplicacions escrites en llenguatge BASIC.

```

1 let b0=0
2
3 main:
4
5 if b0>0 then gosub resta
6 if b0<255 then gosub suma
7
8 debug b0
9
10 goto main
11
12 suma:
13
14 if pin3=1 then let b0=b0+1
15 endif
16
17 return
18
19 resta:
20
21 if pin1=1 then let b0=b0-1
22 endif
23
24 return
25

```

*Imatge 19: Exemple de*

*programa amb llenguatge Bàsic*



## 4. DISSENY I CONSTRUCCIÓ D'UN SISTEMA DE MESURES: PLANTILLA DE PEU

### 4.1. Primers passos: proves amb uns sensors de pressió.

La primera part de la construcció de la plantilla consistia en fer unes quantes proves amb uns sensors de pressió per agafar pràctica i per comprovar que funcionaven perfectament.

Durant la pràctica, vaig haver de buscar informació a Internet, sobre com programar un xip PICAXE 08-M, en un software Windows.

Primer de tot, vaig haver de descarregar i d'instal·lar els programes "*PICAXE programming editor*", i el "*AXE027 usb cable driver*", necessaris per a la programació del xip. A continuació, es connectava el xip PICAXE 08-M a l'ordinador a través del cable AXE027 i es programava a l'ordinador. El programa que utilitzava era el següent:

```
inici:  
readadc 4,b1  
w3=b1*2  
w4=w3/100  
W5=w3//100  
sertxd ("DC +")  
sertxd (#w4)  
sertxd (".")  
serout 1,t2400_4,("DC +")  
serout 1,t2400_4,#w4  
serout 1,t2400_4,("." )  
if w5<10then  
sertxd ("0")  
serout 1,t2400_4,("0")  
endif  
sertxd (#w5)  
serout 1,t2400_4,#w5  
sertxd ("v",13,10)  
serout 1,t2400_4,("v",13,10)  
pause 100  
goto inici
```

Un cop fet, només faltava connectar el sensor de pressió a la placa on es trobava el xip, i a continuació col·locar diferents objectes sobre el sensor per observar quins eren els resultats.



Imatge 20: xip connectat a l'ordinador

Aquests resultats obtinguts apareixien a l'ordinador i, en teoria, quanta més pressió es fes sobre el sensor, en aquest cas quant més pes es col·loques sobre el sensor, més alt hauria de ser el numero que marqués.

### Resultats

Com un dels objectius de la pràctica era comprovar si els sensor funcionaven correctament, vaig fer proves en diferents situacions per comprovar que sempre marcaven el mateix, i poder confirmar que funcionaven correctament. A més, es tenia que intentar que aquests resultats tinguessin sentit i lògica. Els resultats obtinguts van ser els següents:

### Diferents parts del dia:

	<b>Estat normal sense sensor</b>	<b>Estat normal amb sensor connectat</b>	<b>Sensor Mòbil</b>	<b>Sensor claus</b>	<b>Sensor Estoig</b>	<b>Sensor Targeta de metro</b>
<b>Matí</b>	DC+ 5.V	DC+0.V	DC+2.V	DC+3.V	DC+0.0V	DC+4.V
<b>Migdia</b>	DC+2.V	DC+0.V	DC+5.V	DC+4.V	DC+4.V	DC+5.0V
<b>Nit</b>	DC+0.V	DC+0.0V	DC+1.V	DC+0.0V	DC+3.V	DC+5.V

4

### Diferents altures:

	<b>Estat</b>	<b>Estat</b>	<b>Sensor</b>	<b>Sensor</b>	<b>Sensor</b>	<b>Sensor</b>
--	--------------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------

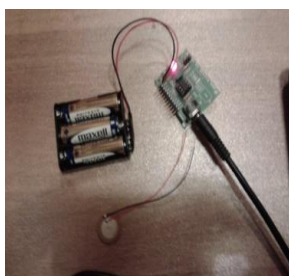
<sup>4</sup> Unitats: Voltatge generat

	<b>normal sense sensor</b>	<b>normal amb sensor connectat</b>	<b>Mòbil</b>	<b>claus</b>	<b>Estoig</b>	<b>Targeta de metro</b>
<b>Terra</b>	DC+0.V	DC+0.0V	DC+0.V	DC+1.V	DC+3.V	DC+3.V
<b>2 metres d'alçada</b>	DC+2.V	DC+0.0V	DC+0.0.V	DC+1.V	DC+3.V	DC+3.V

Diferents situacions ambientals:

	<b>Estat normal sense sensor</b>	<b>Estat normal amb sensor connectat</b>	<b>Sensor Mòbil</b>	<b>Sensor claus</b>	<b>Sensor Estoig</b>	<b>Sensor Targeta de metro</b>
<b>Tancat en una habitació</b>	DC+0.V	DC+0.V	DC+0.V	DC+1.V	DC+3.V	DC+3.V
<b>Sensor al aire lliure</b>	DC+0.V	DC+0.0V	DC+0.V	DC+1.V	DC+4.V	DC+3.V

Les conclusions que vaig poder treure amb aquests resultats van ser que era necessari millorar el programa, ja que donava números poc precisos, i que les xifres variaven bastant depenent del moment del dia en que es fessin les proves, cosa que no era normal. Sobre les diferències d'altura o de situació ambiental, va quedar bastant clar observant les dades obtingudes, que no influïen en res.



*Imatge 21: sensor connectat a la placa*

Degut als problemes obtinguts, vaig buscar solucions al problema i vaig descobrir un error, en la configuració del programa receptor de dades. Un cop solucionat, vaig repetir el mateix procés que abans, per veure si aquesta vegada els resultats que s'obtenien eren adients. Aquest cop, els resultats obtinguts van ser:

Diferents parts del dia:

	<b>Estat normal sense sensor</b>	<b>Estat normal amb sensor conectat</b>	<b>Sensor Mòbil</b>	<b>Sensor claus</b>	<b>Sensor Estoig</b>	<b>Sensor + Targeta de metro</b>
<b>Matí</b>	DC+2,26V	DC+0,00V	DC+5,10V	DC+3,10V	DC+3,30V	DC+2,32V
<b>Migdia</b>	DC+1,68V	DC+0,00V	DC+3,80V	DC+1,42V	DC+4,10V	DC+3,00V
<b>Nit</b>	DC+1,52V	DC+0,00V	DC+3,62V	DC+1,32V	DC+3,38V	DC+2,84V

En aquesta ocasió, les dades obtingudes van ser molt més precises amb decimals, però sobretot, la gran millora va ser que aquesta vegada les xifres eren molt més semblants entre si, independentment del moment del dia en que es fessin les proves.

## 4.2. Proves amb el sensor de pressió esponjós

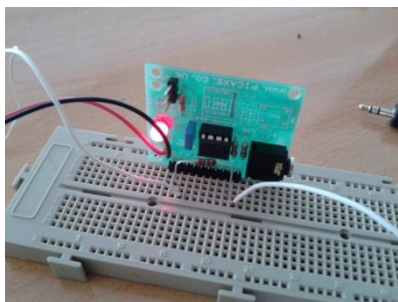
Un cop fetes les primeres proves amb els sensor de pressió, vaig decidir fer una plantilla de peu amb uns sensors de pressió incorporats, per poder fer un estudi sobre la pressió que feia el peu sobre la plantilla a l'hora de caminar o quan una persona esta quieta de peu. No obstant, em va semblar que els sensors utilitzats anteriorment no serien els adequats perquè ocupaven massa espai i seria difícil de col·locar-los. Vaig descobrir en un llibre un tipus de sensor semblant a un esponja. Em va semblar bona idea utilitzar-lo, perquè era un sensor molt lleuger, econòmic i fàcil d'aconseguir.



*Imatge 22: Sensor de pressió esponjós*

Primer de tot, vaig comprovar que el sensor conduïa el corrent elèctric. Vaig comprovar que ell sol no ho feia, però si col·locava dos trossos de paper d'alumini en cada costat del sensor, si conduïa el corrent. Un cop fet això, tocava comprovar que el sensor funcionava i que per tant detectava la pressió. Per fer les proves, vaig utilitzar un trosset petit i quadrat de sensor.

Per començar, es connectava i es programava el xip PICAXE 08-M (el programa el mateix que l'anterior experiència), i s'agafava un petit tros de sensor. A continuació, agafava dos cables amb un tros d'alumini enganxat a un extrem de cada un dels cables. Després, es connectava una resistència a la posició (0V , 4) de la placa de control i connectaven els dos extrems dels cables sense paper d'alumini a les posicions de la placa de control (V+ , 4).



*Imatge 23: Placa amb la resistència i els cables connectats.*

A continuació, es feia una mena de sandwich entre els dos trossos de paper d'alumini i el sensor en mig. Finalment, es variava la pressió sobre el sensor, i s'agafaven les dades que marcava el programa.



*Imatge 24: Muntatge final*

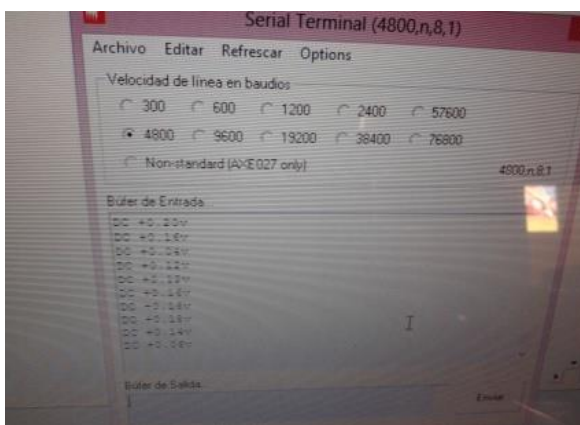
### Resultats:

- 1r Intent:

- Estat normal sense sensor connectat: DC + **2.14V**
- Estat normal sense sensor però amb la resistència connectada: DC + **0.00v**
- Sensor connectat: Hi van haver problemes a l'hora de rebre dades, ja que les xifres obtingudes no eren correctes, i apareixien un símbols desconeguts. Només apareixien números quan es produïa contacte directe entre els dos trossos de paper d'alumini.

- 2n Intent:

En el primer intent, no es rebien les dades correctament, ja que es produïa un curtcircuit, a causa de no connectar els cables a la seva posició correcta en la placa. Un cop solucionat el problema, les dades que van aparèixer ja tenien sentit: si no es feia pressió sobre el sensor, les xifres del terminal no variaven. Si no es feia pressió apareixia un 0. Si es feia pressió de forma sensible, la xifres augmenten al voltant de 1 i 2, i si es feia una màxima intensa, apareixien xifres al voltant de 5.



Imatge 25: Resultats obtinguts

A continuació d'aquestes proves, tocava comprovar si el sensor realment funcionaria amb el muntatge de la plantilla complet. Per fer això es necessitaven dues plantilles, paper d'alumini i un tros de sensor.



Imatge 26: Material

El muntatge de la plantilla consistiria en: una plantilla del peu dret amunt, a continuació un tros paper d'alumini amb la forma de la plantilla, després 4 trossos de sensor amb 4 trossos de paper d'alumini sota aquests sensors, i finalment una altre plantilla de peu dret a sota de tot. Els sensors estarien col·locats en els tres punts de recolzament, taló i primer i cinquè metatars, i en el mig del peu, per comprovar que en aquesta zona no es feia pressió. A més, els quatre sensors tindrien que estar ben separats, sense que es produís cap contacte, ja que podria produir curtcircuit.

Aquest seria en teoria el muntatge final de la plantilla, sense els cables connectats, però com he dit abans, primer tenia que comprovar que el sensor funcionava amb el muntatge final de la plantilla. Com de moment, tenia fet un programa que detectés només un sensor, tenia que fer les proves en les quatre zones on hi hauria sensor per separat.

Per començar, vaig fer l'estudi de la pressió sobre el taló. Tenia que retallar un tros de paper d'alumini i un tros de sensor, de mida igual a la zona de recolzament del peu en el taló. També tenia que retallar un tros d'alumini amb la forma igual a la plantilla de peu. Els dos trossos d'alumini tenien enganxats cadascun dos cables que anirien connectats a la placa. A continuació es feia el muntatge de la placa connectada a l'ordinador, exactament igual que abans. Aquesta vegada es col·locava una plantilla de peu, sota el tros d'alumini amb la forma del peu amb el cable connectat a la placa, sota el sensor i el tros d'alumini amb la forma del taló, també amb un cable enganxat connectat a la placa. Sota del tot una altre plantilla.



*Imatge 27: Muntatge de la plantilla amb el tros de paper d'alumini amb la forma del taló.*

A continuació es feia pressió sobre el taló. Es podia fer amb les mans, o col·locant la plantilla al terra i fent pressió amb el peu. Finalment es repetia el mateix procediment en les altres zones on també es col·locaria sensor al final, per comprovar que els resultats eren els mateixos.

Els resultats obtinguts en aquesta pràctica van ser els resultats desitjats. En els tres punts de recolzament es van obtenir les mateixes xifres. Si no es feia cap tipus de pressió sobre la plantilla, el resultat era zero, en canvi, si es feia pressió sobre la zona corresponent, les xifres augmentaven depenent de la intensitat de la pressió, i si es feia pressió sobre una zona on no hi havia sensor, les xifres de la pantalla tampoc variaven i es mantenien en zero.

### 4.3. Muntatge d'una placa de control PICAXE

Un cop comprovat que el sensor esponjós funcionava perfectament, tocava pensar com ho faria, per aconseguir que l'ordinador detectés els quatre sensors alhora.

#### 4.3.1. Disseny de la placa

Per començar, sabia que tenia que canviar el actual xip PICAXE 08-M, per un altre que tingués més entrades, mínim quatre. De entre totes les opcions, vaig creure que el més adequat seria un xip PICAXE-14M2 ja que podia complir totes les funcions.

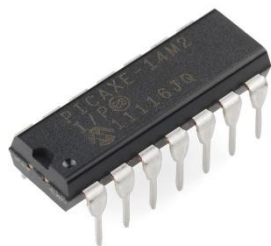


*Imatge 28: Entrades d'un xip PICAXE-*

*14M2*

A continuació, tenia que pensar quins elements col·locaria a la meua placa de control amb el nou xip incorporat. No podia utilitzar cap placa ja muntada, sinó que tenia que dissenyar-la de manera que complís les funcions que jo volgués. Per començar, vaig fer una llista sobre quin seria el material que creia necessari que tingués la placa. Vaig tenir alguns problemes, ja que no coneixia tots els components bàsics en un placa, i en alguns no coneixia la seva funció. Finalment els materials utilitzats per construir la placa serien:

- Xip PICAXE 14-M2: Xip amb 14 potes, 5 entrades i 6 sortides, i memòria Ram de 512 bytes.



*Imatge 29: Xip PICAXE-14M2*

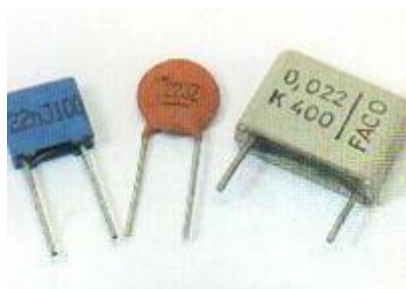


- 1 Resistència 10K: Una resistència elèctrica, representa l'oposició d'un conductor al pas del corrent elèctric.
- 1 Resistència 22K
- 4 Resistències 5K
- 1 Stereo Socket: La seva funció es connectar la placa amb l'ordinador a través del cable AXE027



*Imatge 30; Stereo Socket*

- 1 condensador 100 nanos: La seva funció és emmagatzemar càrregues elèctriques de forma instantània i alliberar-la de la mateixa manera en el moment en que es necessiti.

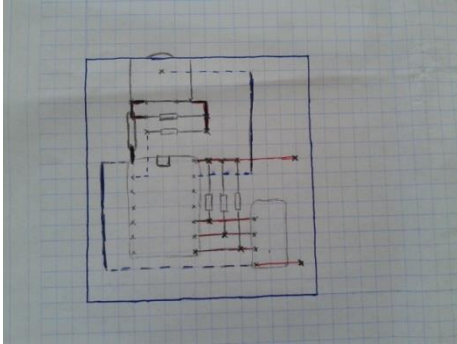


*Imatge 31: Diferents condensadors*

- 1 Connector de 5 ptes: La seva funció és unir circuits elèctrics.
- 1 Sòcol de 14 ptes: Element que serveix per fixar i connectar un microprocessador a la placa.

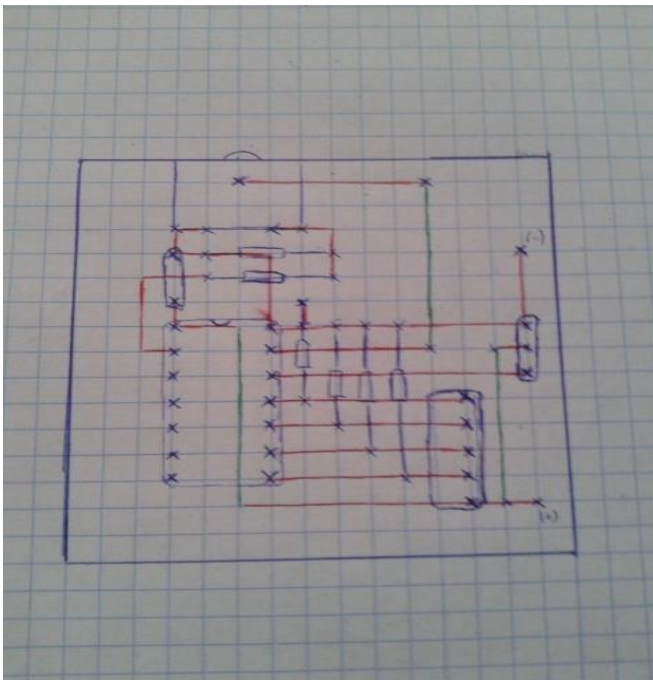
Quan ja coneixia quin xip utilitzaria i quins materials col·locaria a la placa, ja era hora de començar a dissenyar-la. Per poder fer-ho, vaig utilitzar una tècnica que consistia en primer fer-se un dibuix de la placa i dels components en paper quadriculats, i a continuació amb altres colors fer les connexions entre els components. Tenia que distingir amb dos colors diferents les connexions que anaven per sota, (color vermell) i les que anaven per sobre (color verd) i fer una marca en els punts de soldadura. No va ser gens fàcil i em va ocupar bastant de temps fer aquest disseny, ja que requeria que estigués perfecte per no tenir errors en un futur, i a més, es tenia que dissenyar en el mínim espai possible perquè no podia ocupar molt. Vaig fer uns primers esbossos, però sempre tenia que corregir coses perquè hi havia problemes com curtcircuits o faltaven

components. Per fer aquests esbossos, col·locava les peces a la placa sense soldar-les, d'aquesta manera m'ajudava a veure quin espai em seria necessari i en quina posició exacta les tenia que anar col·locant.



*Imatge 32: Imatge del meu primer esbós.*

Finalment, després d'uns quants intents vaig arribar al disseny final que jo creia que podia complir totes les funcions. Ho vaig revisar unes quantes vegades per assegurar-me que era completament fiable correcte i no hi havia cap curtcircuit, com m'havia passat abans.

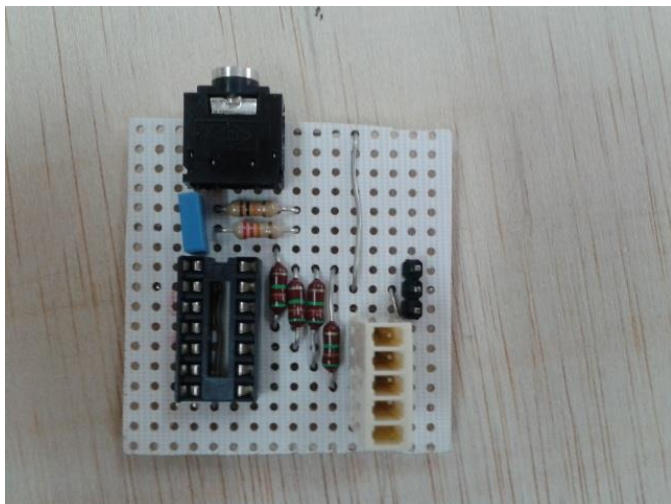


*Imatge 33: Disseny final de la placa.*

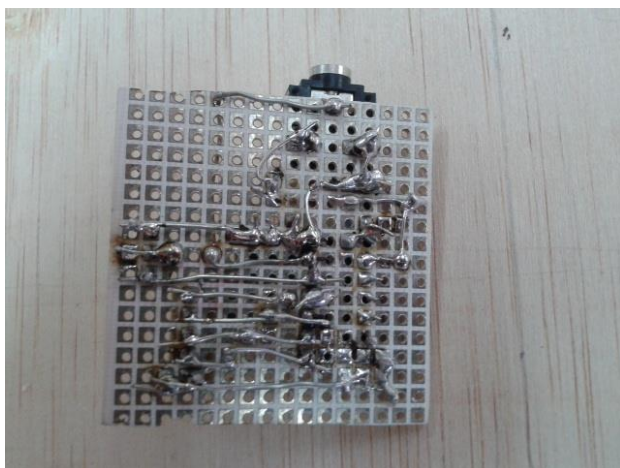
Per últim, vaig repetir el dibuix de la placa en un paper de color transparent, per ajudar-me més endavant a l'hora de soldar, ja que es podia observar el dibuix de la placa des de darrera.



sobretot era molt important estar molt concentrat, ja que no podia haver cap error, encara que fos molt petit. Vaig començar, col·locant el filament que he comentat abans, que passava per dalt, però que a la vegada anava per sota del sòcol. Un cop fet, vaig soldar tots els components més generals. Després vaig soldar les connexions on hi havia més espai, les resistències i el condensador. Per últim i el més difícil, vaig soldar les connexions més estretes i amb menys marge d'error com les connexions entre una resistència, el sòcol i el connector. El resultat final de la placa va ser el següent:



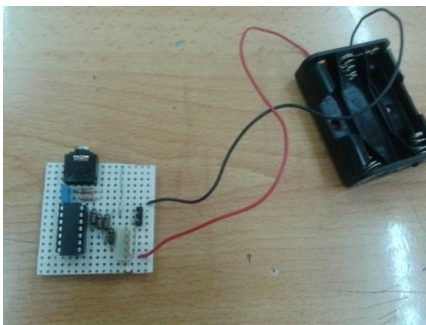
*Imatge 35: Placa de control amb tots els components soldats.*



*Imatge 36: Connexions i components soldats*

Quan ja havia acabat de soldar, vaig col·locar el xip sobre el sòcol, i vaig comprovar amb una lupa que no hi havia cap contacte entre cap connexió, i que totes les soldadures eren correctes i en el seu lloc.

No obstant, encara no s'havia finalitzat la placa ja que encara faltava soldar el porta piles, un component molt important.

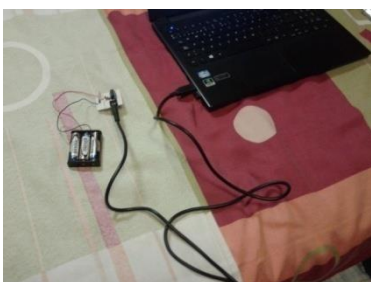


*Imatge 37: Placa amb el porta piles soldat.*

Quan aquest ja s'havia soldat, només quedava fer una revisió de la placa. Per fer això, era necessari un tèster. Primer es comprovava amb el porta piles que no es produïa curtcircuit entre el pol positiu i el negatiu. Després, es comprovava que el pol negatiu arribava a tots els punts on havia de arribar i per últim, es repetia el mateix però amb el pol positiu. Ara ja es podia dir, que s'havia finalitzat el muntatge de la placa i tocava fabricar la plantilla.

#### **4.4. Fabricació de la plantilla**

Abans de fabricar la plantilla, em volia assegurar que la placa rebria dades a l'ordinador, i per això, encara que tingués 4 entrades disponibles, vaig connectar la placa a l'ordinador i utilitzant el programa que utilitzava al principi del projecte, el que només funcionava per una entrada, vaig comprovar que la placa funcionava correctament. Vaig utilitzar un trosset qualsevol de sensor, i vaig connectar dos cables, amb paper d'alumini enganxat, a la nova placa.



*Imatge 38: Placa de control connectada a l'ordinador.*

Els resultats van ser òptims ja que es detectava la pressió, i per tant el muntatge de la placa havia sigut un èxit.

A continuació, abans de començar a dissenyar un programa que detectés els quatre sensors alhora, vaig preferir centrar-me primer en la fabricació de la plantilla. Així, un cop feta, només faltaria dissenyar el programa i comprovar que el projecte funcionés.

Tal i com ja havia dit, la plantilla estaria formada per: una plantilla del peu dret amunt, a continuació un tros paper d'alumini amb la forma de la plantilla, després quatre trossos de sensor amb quatre trossos de paper d'alumini sota aquests sensors, i finalment una altre plantilla de peu dret a sota de tot. De tots els trossos de paper d'alumini surten cables que estan enganxats a la plantilla i van connectats a la placa. El primer pas en la fabricació de la plantilla, era enganxar el paper d'alumini amb la forma de la plantilla sobre de la plantilla. Per enganxar-los vaig utilitzar celo, ja que era més còmode i amb pegament podia tenir problemes. El resultat de la unió és aquest:



*Imatge 39: Paper d'alumini enganxat a una plantilla.*

El següent pas, era enganxar els quatre trossos de sensor i els quatre trossos de paper d'alumini sobre l'altre paper d'alumini. Els sensors, estan col·locats sobre els tres punts de recolzament i al mig del peu. Aquests sensors i el paper d'alumini que porten enganxats tenen la forma del peu on es col·loquen, i no es podia produir cap contacte entre els quatre sensors, per evitar curtcircuits.



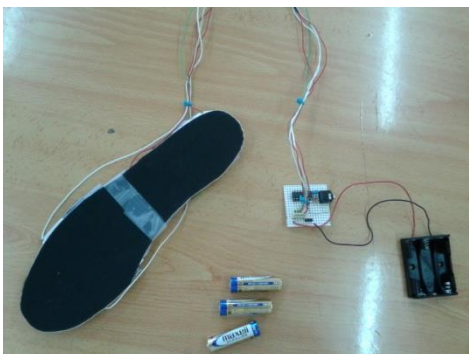
*Imatge 40: Sensor del taló enganxat a la plantilla.*

Tal i com es veu a la imatge, primer vaig enganxar el sensor que es trobava en el taló. Igual que abans, també vaig fer servir celo. Després vaig enganxar els altres dos sensor que es troben en els altres punts de recolzament, i per últim vaig enganxar el sensor que es troba al mig del peu. Vaig decidir posar aquest sensor, per comprovar que aquest no marcava pressió, ja que en teoria aquest no es un punt de recolzament, excepte les persones que tenen el peu pla.



*Imatge 41: Els quatre sensors enganxats a la plantilla*

Per últim, només quedava enganxar la plantilla de sota, i ja tenia fet el muntatge de la plantilla. No obstant, encara no s'havia acabat del tot, ja que faltava el pas més important, connectar els quatre cables al connector de la placa. Sembla fàcil, però va requerir una mica de temps i molta atenció ja que els cables es tenien que soldar amb molt de compte perquè poguessin entrar a dins del connector.



*Imatge 42: Plantilla sencera i cables connectats a la placa.*

#### **4.5. Disseny del programa PICAXE final**

L'últim pas del projecte era dissenyar un programa PICAXE capaç de detectar els quatre sensors alhora, per poder anotar després els resultats finals.

El disseny d'aquest programa no va ser fàcil, ja que mai havia treballat amb un programa que detectés més d'una entrada. Per començar, vaig observar programes d'Internet, que podrien ser semblants al meu. Un cop ja tenia una idea, vaig fer uns primers intents de programació, però no van funcionar. Com aquests programes no em servien, vaig decantar-me per fer un altre programa sense seguir la base dels anteriors. Finalment, vaig aconseguir dissenyar el següent programa, que és capaç de llegir els quatre sensors alhora:

```
main:
sertxd ("mostra,dada1,dada2,dada3,dada4",13,10)
```

```
for b2=0 to 255
readadc10 1,w2
if w2 < 255 then
    b8 = w2//256
else
    b8 = 255
endif
readadc10 2,w2
if w2 < 255 then
    b9 = w2//256
else
    b9 = 255
endif
readadc10 3,w2
if w2 < 255 then
    b10 = w2//256
else
    b10 = 255
endif
readadc10 4,w2
if w2 < 255 then
    b11 = w2//256
else
    b11 = 255
endif
sertxd (#b2,"","#b8,"","#b9,"","#b10,"","#b11,13,10)
pause 100
next b2
goto main
```

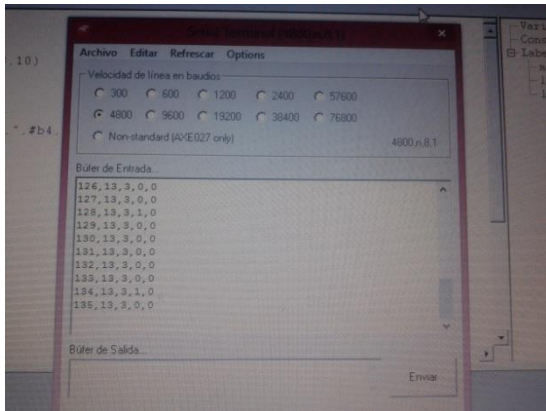
#### 4.6. Resultats i millores

Un cop dissenyat el programa final, la construcció del projecte ja s'havia finalitzat. Només faltava comprovar si funcionava perfectament, i si podria tenir alguna utilitat per a la vida.

Primer de tot, vaig configurar el "*PICAXE programming editor*" de manera que en els resultats es mostressin quatre xifres, corresponents als quatre sensors. A continuació, es

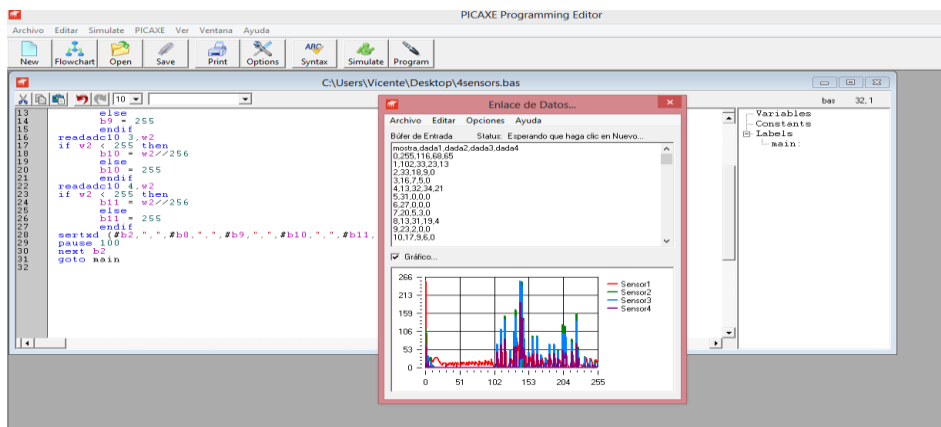


connectava com sempre la placa amb el xip a l'ordinador i es programava el programa dissenyat anteriorment. A continuació, van anar apareixent resultats a l'ordinador.



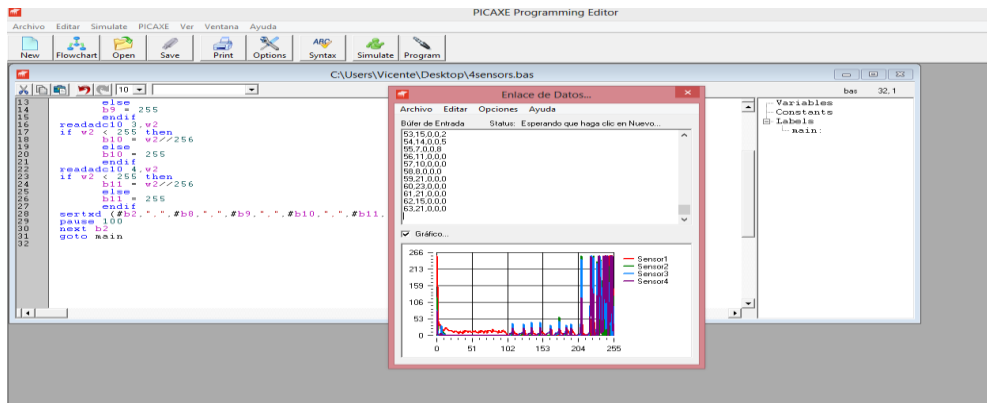
Imatge 43: Resultats a l'ordinador.

Apareixien quatre xifres, cadascuna corresponent a un sensor. Tal i com havia de ser, les xifres augmentaven a mesura que s'augmentés la pressió exercida sobre la plantilla. No obstant, aquest resultats eren poc clars, i no mostraven massa bé la diferència de pressió entre cada sensor. Per això, vaig pensar que podia ser més visual i més clar, mostrar els resultats en un a gràfica,. Els resultats finals obtinguts van ser:



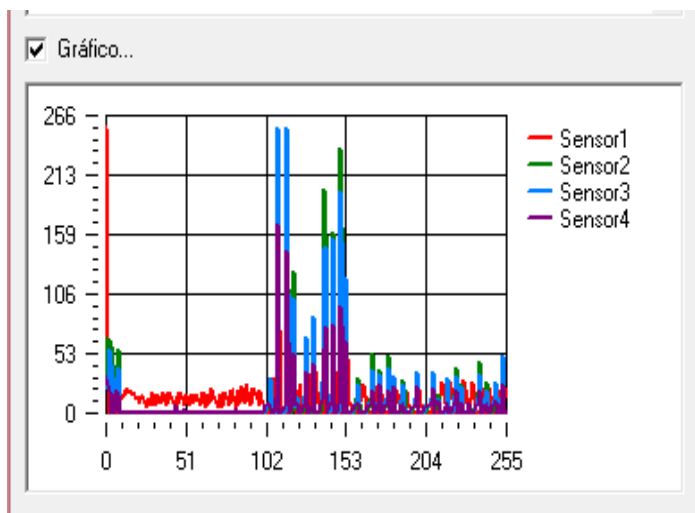
Imatge 44:

Resultats



Imatge 45:

### Resultats



Imatge 46: Resultats

En aquestes imatges, es pot observar clarament com la gràfica puja a mesura que s'augmenta la intensitat i que cada color correspon a un sensor diferent. Els resultats són molt clars, no obstant són poc precisos i penso que això és un apartat a millorar.

En general, estic molt satisfet amb el projecte construït, no obstant penso que hi ha coses que es podrien haver millorat si hagués tingut una mica més de temps. Primer de tot, m'hauria agradat poder millorar la recepció de dades finals, ja que penso que són molt visuals amb la gràfica, però no acaben de ser molt precisos, i per tant es difícil que la plantilla pugui tenir una utilitat. A més, m'hagués agradat poder fer un estudi a algunes persones, per poder comprovar el seu recolzament, si tenien algun problema, i per comprovar la variabilitat entre les persones. Per últim, tenia la idea de produir la recepció de dades mitjançant bluetooth, però per falta de temps, no vaig poder fer-ho. Hagués sigut molt més còmode, ja que no s'hauria de contactar sempre la plantilla a l'ordinador, però no se sap si els resultats haguessin sigut més precisos o no. No obstant,

encara que hi ha coses millorables, estic molt satisfet amb el projecte i tinc la sensació d'haver après moltes coses noves.

#### 4.7.Pressupost

<b>Material</b>	<b>Unitats</b>	<b>Percentatge</b>	<b>Import (Euros)</b>
<b>Plantilles</b>	2	1,79%	0,70
<b>Paper d'alumini (30 X 30cm)</b>	1	2,56%	1
<b>Sensor de pressió</b>	1	7,68%	3
<b>Cable AXE027</b>	1	38,43%	15
<b>PICAXE 08-M</b>	1	5,12%	2
<b>Sensor esponjós</b>	1	4,22%	1,65
<b>Cables</b>	4	7,68%	3
<b>PICAXE 14-M2</b>	1	7,68%	3
<b>Placa de control prototips</b>	1	7,68%	3
<b>Resistències</b>	6	0,51%	0,20
<b>Stereo Socket</b>	1	0,61%	0,24
<b>Condensador 100 nanos</b>	1	0,61%	0,24
<b>Connector 5 potes</b>	1	3,84%	1,5
<b>Sòcol 14 potes</b>	1	2,56%	1

<b>Portapiles</b>	1	1,28%	0,5
Piles	3	7,68%	3
		<b>PREU TOTAL</b>	<b>39,03</b>

## 5. CONCLUSIONS

L'objectiu del projecte era investigar, dissenyar, construir, programar i provar un sistema de mesures que pugui ser útil per a la societat i construït a preu raonable. Jo crec que s'han complert tots els objectiu i s'han superat les expectatives inicials ja que la plantilla s'ha pogut fabricar bé, i funciona correctament.

En l'apartat de utilitat per a la societat, penso que és difícil que tingui alguna utilitat professional, però si pot servir per tenir una idea general. La meva expectativa era que el projecte servís a la gent per comprovar l'estat del seu peu. La meva plantilla, no marca exactament la quantitat de pressió que es fa en cada punt de recolzament, però penso que si pot servir per fer-se una idea i en molts casos detectar alguna patologia, ja que hi ha un sensor al mig on en teoria no hi hauria d'haver pressió, i si la gràfica ho marca és perquè pot haver algun problema. No obstant, prefereixo donar prioritat al funcionament de la plantilla, que a la seva funcionalitat.

Per altre banda, l'objectiu del projecte també era construir aquest sistema de mesures a un preu raonable. Aquest objectiu s'ha superat amb gran èxit, ja que no s'ha hagut de gastar gairebé res de diners, i el que s'ha hagut de comprar era molt barat. Per tant, s'ha comprovat que sense utilitzar materials molt cars, es pot fabricar un sistema de mesures que funcioni perfectament.

He après el funcionament dels components electrònics bàsics, microprocessadors sensors elèctrics i sistemes de programació, que era un camp que no coneixia molt bé abans de començar.

A més, he après molt sobre el peu humà, com els tipus que hi ha o com estan format, que són coses que m'agraden molt i que em semblen molt interessants.

De moment, el projecte funciona correctament i dono prioritat al seu funcionament que a la funcionalitat. No obstant, m'agradaria continuar treballant en el projecte per poder millorar-lo i que en un futur pugui tenir alguna aplicació útil per a la societat o poder fer algun estudi.

## 6. ANNEXOS

### 6.1 Experiència "asics runner lab"

La marca esportiva Asics, té una tenda a Barcelona, que a més de material esportiu, conté una sèrie d'aparells i màquines d'alta tecnologia, que s'utilitzen per fer una investigació del cos del consumidor i així ajudar-los a l'hora de comprar el material més adequat per cadascú. Tot aquest conjunt de màquines són anomenades com "runner lab".

Vaig assabentar-me que una de les investigacions i proves que es feien al laboratori era l'estudi de la trepitjada, el "Foot ID". Vaig decidir fer aquesta prova, ja que sabia que hem serviria per aprendre coses per aquest treball.

El "Foot ID" és un dels estudis de la trepitjada més satisficats del món. Té una duració de uns 30 minuts, i es compon de dos parts, una part estàtica i l'altre dinàmica.

- Anàlisi estàtica:

Un escàner d'última generació dona una imatge 3D dels teus peus. La imatge s'aconsegueix mitjançant l'ús de 8 càmeres i 4 làsers que detecten uns sensors col·locats prèviament en els peus. D'aquesta manera, s'aconsegueixen totes les mesures, angles i característiques del teu peu i la teva trepitjada en aturat.

- Anàlisi dinàmica:

Primerament, es corre en una cinta durant uns 5 minuts. Per fer això, s'utilitzen unes sabatilles senzilles i sense cap nova tecnologia, però amb uns sensors. Una càmera d'alta velocitat fa una gravació de la teva carrera i detecta els sensor. Això ens permet veure com es comporta el teu peu en moviment i obtenir les mesures de la teva trepitjada en moviment.

Un cop fet tot aquest estudi, els experts de la tenda assessoren al client sobre quin material es més adequat per a ells, tenint en compte els resultats de la prova.

Personalment, va ser una gran experiència poder assistir a un d'aquests estudis, ja que el "Foot ID" té molt a veure amb aquest treball, i a més vaig aprendre moltes coses com quines són les zones de recolzament del peu, ja que era la zona on es col·locaven els sensors.

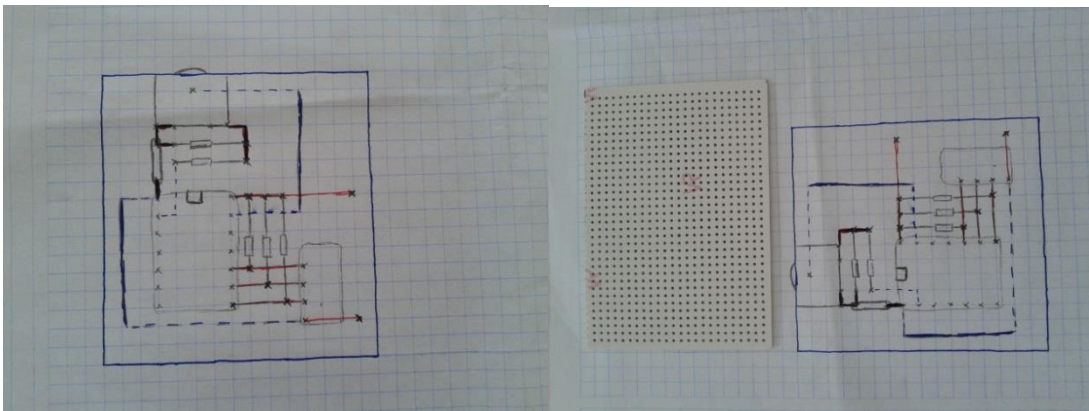
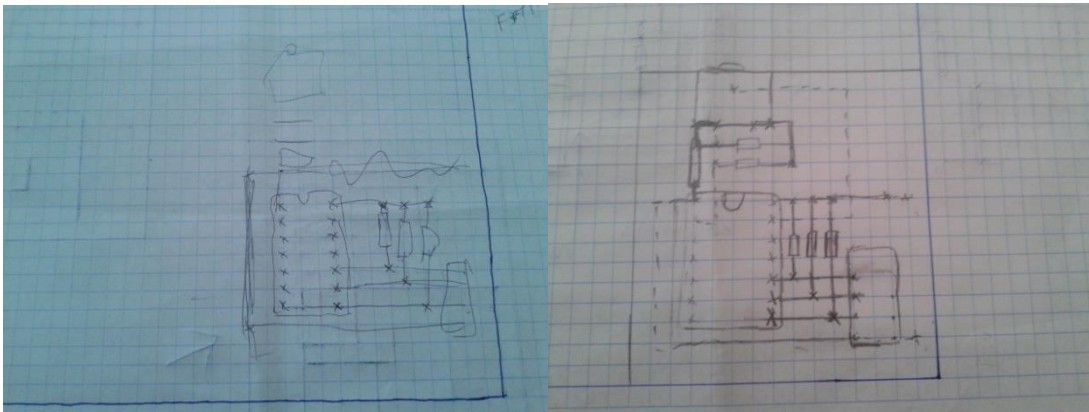
En aquests dos enllaços, es poden veure dos vídeos on s'explica i es veuen imatges de sobre el "runner lab"

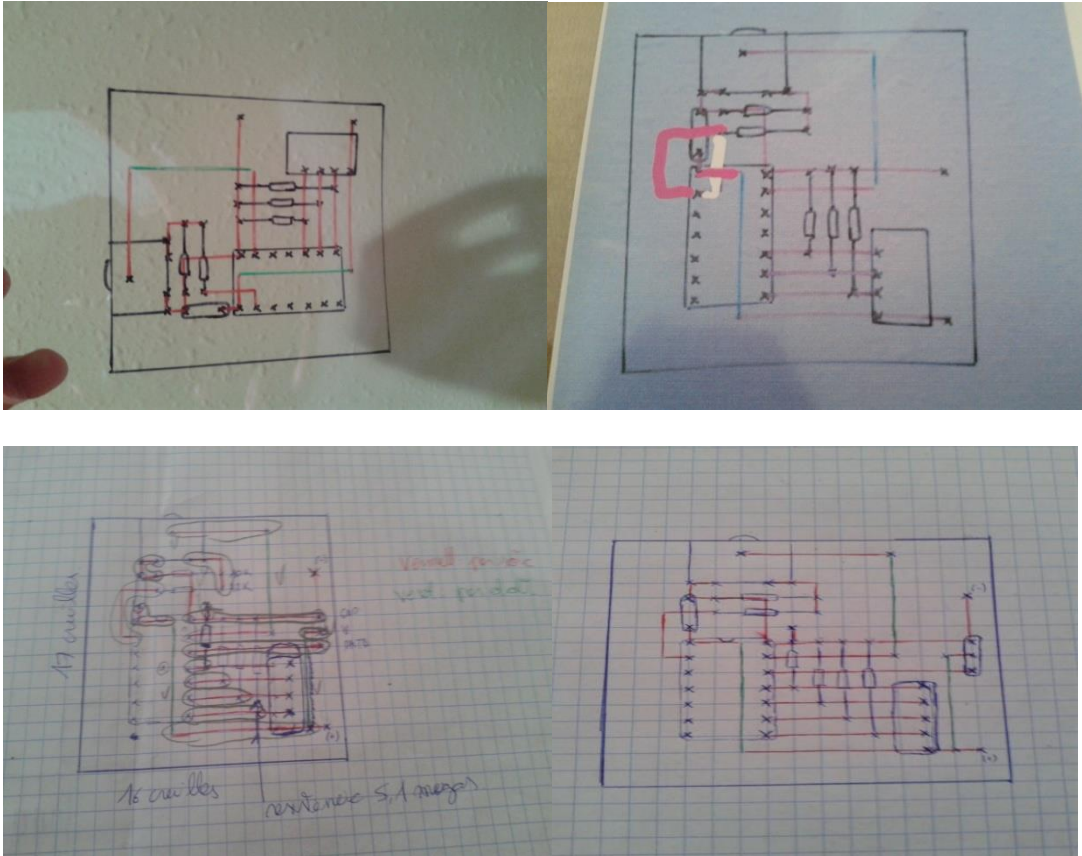
<http://www.youtube.com/watch?v=BNi96ISMGDk>

[http://www.youtube.com/watch?v=Ga9WFmAVzpo&oq=asics%20foot%20i&gs\\_l=youtube..0.5.24055.26598.0.29343.12.12.0.0.0.0.315.1838.4j5j1j2.12.0.eytns%2Cpt%3D-.30%2Cn%3D2%2Cui%3Dtr.1.0.0...1ac.1.11.youtube.3FQMrrZW\\_kc](http://www.youtube.com/watch?v=Ga9WFmAVzpo&oq=asics%20foot%20i&gs_l=youtube..0.5.24055.26598.0.29343.12.12.0.0.0.0.315.1838.4j5j1j2.12.0.eytns%2Cpt%3D-.30%2Cn%3D2%2Cui%3Dtr.1.0.0...1ac.1.11.youtube.3FQMrrZW_kc)

## 6.2 Imatges dels esbossos de la placa de control

A continuació, es mostren una successió d'imatges sobre els esbossos que vaig fer sobre la placa de control col·locats en ordre cronològic.





### 6.3 Programes PICAXE no definitius

Un cop fabricada tota la plantilla, només faltava dissenyar un programa capaç de transmetre les dades produïdes pels 4 sensors, a l'ordinador. El disseny d'aquest programa no va ser fàcil, i vaig requerir uns quants intents i prèviament al programa final, vaig dissenyar aquests dos que no van arribar a funcionar.

Primer intent de programa:

Aquest programa estava pensat només per detectar dos sensors, per tant era lògic que no informés dels resultats correctament.

```

main:
label_10:
label_20:
if pin3=0 then label_20
sertxd ("mostra,potenciometre,LDR",13,10)
for b0=0 to 255
readadc 1,b1
readadc 4,b2
sertxd (#b0,"",#b1,"",#b2,13,10)

```



```
pause 200  
next b0  
wait 1  
goto label_10
```

Com l'anterior programa estava pensat per detectar dos sensors, Aquest vaig ampliar-lo de manera que detectés els quatre. No obstant, va seguir sense funcionar, i per això vaig haver de modificar-lo d'una manera més radical.

Segon intent de programa final:

```
label_10:  
label_20:  
if pin3=0 then label_20  
sertxd ("mostra,potenciometre,LDR",13,10)  
for b0=0 to 255  
readadc 1,b1  
readadc 2,b2  
readadc 3,b3  
readadc 4,b4  
sertxd (#b0,"",#b1,"",#b2,"",#b3,"",#b4,13,10)  
pause 200  
next b0  
wait 1  
goto label_10
```

Finalment es va poder dissenyar un programa que era capaç de rebre les dades correctament.

## 7. BIBLIOGRAFIA

### 7.1. Webs:

- [PIC01] [http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lased/2002-03/Soft\\_Hard/herramientas\\_para\\_pic.pdf](http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lased/2002-03/Soft_Hard/herramientas_para_pic.pdf) (Pagina útil per aprendre a programar y fer funcionar un microcontrolador PICAXE)
- [PIC02] <http://www.picaxe.com/Software/PICAXE/PICAXE-Programming-Editor/> (Web on es pot descarregar el programa "PICAXE programming editor")
- [PIC03] [http://www.tecnologiafacil.net/documentacion/Curso\\_Picaxe.pdf](http://www.tecnologiafacil.net/documentacion/Curso_Picaxe.pdf) (Manual PICAXE i microcontroladors)
- [PIC04] <http://picaxe-pasoapaso.blogspot.com.es/2012/06/como-programar-un-picaxe.html> (Programació PICAXE)
- [PIC05] [http://www.picaxe.com/docs/picaxe\\_manual2.pdf](http://www.picaxe.com/docs/picaxe_manual2.pdf) (Manual PICAXE)
- [PIC06] <http://www.digits.cat/colaboracions/llenguatges-de-programacio> (Llenguatge de programació)
- [PIC07] <http://microcontroladores-e.galeon.com/> (Explicació sobre els microcontroladors)
- [CAB01] <http://www.picaxe.com/Software/Drivers/AXE027-USB-Cable-Driver> (Pagina amb informació sobre que és el cable AXE027 i enllaç per descarregar-lo)
- [CAB02] <http://www.picaxe.com/Hardware/Cables/PICAXE-USB-Download-Cable/> (Pagina on poder descarregar programa per poder connectar el cable AXE027 a l'ordinador)
- [PDC01] <http://moodle.jorts.net/moodle/mod/resource/view.php?id=9> (Disseny taula electrònica)
- [PDC02] [http://jorts.net/index.php/La\\_placa\\_AXE092#Captura\\_de\\_dades\\_a\\_l.27ordinador](http://jorts.net/index.php/La_placa_AXE092#Captura_de_dades_a_l.27ordinador) (Informació sobre la placa AXE092 )
- [PEU01] <http://www.efisioterapia.net/articulos/fisioterapia-las-patologias-del-pie> (Pagina amb una breu explicació sobre els diferents tipus de peu)
- [PEU02] <http://es.wikipedia.org/wiki/Pie> (Informació varia sobre el peu)

[PEU03] [http://escuela.med.puc.cl/publ/OrtopediaTraumatologia/Trau\\_Secc02/Trau\\_Sec02\\_10.html](http://escuela.med.puc.cl/publ/OrtopediaTraumatologia/Trau_Secc02/Trau_Sec02_10.html) (Pagina web amb explicació, sobre els tipus de peus, malformacions possibles y tractaments)

[PEU04] <http://html.rincondelvago.com/planta-del-pie.html> (Web on hi ha informació diversa sobre el peu)

[PEU05] <http://www.bata.cl/todo-sobre-el-pie.html> (Web amb curiositats sobre el peu)

[PEU06] <http://www.centrokineos.com/articulo/18abril/piehumano.pdf> (Informació sobre el peu i el bipedisme)

[PEU07] <http://www.cueronet.com/zapatos/pie.htm> (Informació sobre la anatomia del peu)

[PEU08] [http://apps.elsevier.es/watermark/ctl\\_servlet? f=10&pident\\_articulo=80000202&pident\\_usuario=0&pcontactid=&pident\\_revista=51&ty=75&accion=L&origen=apcco ntinuada&web=http://www.apcontinuada.com&lan=es&fichero=v4n4a202pdf001.pdf](http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet? f=10&pident_articulo=80000202&pident_usuario=0&pcontactid=&pident_revista=51&ty=75&accion=L&origen=apcco ntinuada&web=http://www.apcontinuada.com&lan=es&fichero=v4n4a202pdf001.pdf) (tipus de deformacions del peu)

[PEU09] [http://www.ecured.cu/index.php/Anatom%C3%ADa\\_del\\_pie](http://www.ecured.cu/index.php/Anatom%C3%ADa_del_pie) (Informació sobre el peu en general)

[PEU10] [http://www.ecured.cu/index.php/Deformidades\\_de\\_los\\_pies#Fuente](http://www.ecured.cu/index.php/Deformidades_de_los_pies#Fuente) (Informació sobre les deformitats del peu)

[PEU11] <http://www.podologia.cl/new/docs/AE1%20-%206.pdf> (Informació sobre la volta plantar)

[ASI01] <http://www.asics.es/> (Enllaç a la pagina web de la marca esportiva asics, on es por trobar tot tipus d'informació sobre el "FOOT ID" i el "Runner Lab")

[PLA01] [http://www.tangentes.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=766:plantillas-ortopedicas-aspectos-a-considerar-para-la-indicacion-del-uso-de-plantillas&Itemid=53](http://www.tangentes.es/index.php?option=com_content&view=article&id=766:plantillas-ortopedicas-aspectos-a-considerar-para-la-indicacion-del-uso-de-plantillas&Itemid=53) (Informació sobre les plantilles ortopèdiques)

[PLA02] <http://www.fisioespai.com/plantillas.html> (Informació sobre les plantilles ortopèdiques)

## 7.2. Llibres:

- BOGDANOV, K. *El físico visita al biólogo*. Llibre extret de la web: [www.librosmaravillosos.com](http://www.librosmaravillosos.com)
- OLSSON, Tony. *Arduino wearables*. Editorial: Techonology in action.
- SASTRE FERNÁNDEZ, S. *Fisioterapia del pie*. Editorial: Universitat de Barcelona, 1991. Llibre extret de la web: <http://books.google.es>

## 8. AGRAÏMENTS

Des de començaments d'estiu fins al dia d'entrega d'aquest treball, vull agrair a unes quantes persones els seu ajut en l'elaboració d'aquest treball de recerca. Totes aquestes persones m'han ajudat tant en aspectes teòrics com a l'hora de la construcció del projecte.

Primer de tot, vull agrair al meu tutor del treball, Jordi Orts, per ajudar-me sempre que tenia algun problema, per aconsellar-me sobre el treball i per la paciència i l'atenció mostrada durant tot treball.

Vull donar las gràcies a en Dídac, osteòpata professional, pels coneixements que em va transmetre, i pels consells que va donar sobre com afrontar el treball.

Vull agrair als meus pares i a tots el meus familiars per tot el suport mostrat durant el treball

També vull agrair al centre IES Príncep de Viana, per cedir-me el taller per construir el projecte en hores fora de classe, i per cedir-me pràcticament tot el material utilitzat per el projecte.

Per últim, vull agrair a totes aquelles persones que sense saber-ho, han col·laborat d'una manera o altre en el treball.