
ESEIAAT

Treball Final de Grau

Memòria



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

**Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa**

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

Aroel Gómez Clavell

**EMMAGATZEMATGE I DISTRIBUCIÓ DE
PÍNDOLES PER A PASTILLERS I BLÍSTERS
SETMANALS**

Directora:
Elisabet Almirall Arriero

Data d'entrega: 28/09/2021

Terrassa, Barcelona

Índex

1	Introducció	1
1.1	Resum (CAT)	1
1.2	Resumen (CAST)	1
1.3	Abstract (ENG)	1
1.4	Objecte del projecte	1
1.5	Justificació del projecte	2
1.5.1	Farmàcies	2
1.5.2	Hospitals	4
1.5.3	Residències	4
1.5.4	El projecte	5
1.6	Abast del projecte:	6
1.7	Especificacions bàsiques:	6
2	Consideracions prèvies al disseny de l'estructura del prototip	7
2.1	Normatives:	7
2.1.1	Normatives farmacològiques:	7
2.1.2	Normatives referents als productes electrònics:	7
2.1.3	Normativa sobre seguretat domèstica	8
2.1.4	Normativa sobre marcatge CE	8
2.1.5	Protecció de dades	8
2.1.6	Residus. Aparells elèctrics i electrònics	8
2.2	Forma i mida de les píndoles:	9
2.2.1	Comprimits	9
2.2.2	Càpsules	10
2.2.3	Dragees	11
2.3	Estructura del blíster/pastiller:	11
3	Disseny del prototip:	12
3.1	Robot cartesià tipus 'H'	12
3.1.1	Descripció	12
3.1.2	Anàlisi de moviment del robot en H	13
3.1.3	Materials	14
3.1.4	Millores a tenir en compte	35
3.2	Dispensador de píndoles	36
3.2.1	Descripció	36
3.2.2	Materials	36
3.2.3	Millores a tenir en compte:	38
3.2.4	Connexions de la shield:	38

3.3	Conjunt	39
3.3.1	Programa	39
4	Resum de resultats	52
4.1	Conclusions i recomanacions de continuació del treball.	52
5	Bibliografia i webgrafia	54

Índex de figures

Il·lustració 1: Comprimit (https://www.aparicifarmacia.com/)	9
Il·lustració 2: Mostres de píndoles seleccionades, variacions en la fabricació i representacions de mida real (farmàcia hospitalària infantil de Carolina del Nord). Per NIH National Institutes of Health, NLM National Library of Medicine.....	9
Il·lustració 3: Càpsula (https://www.aparicifarmacia.com/)	10
Il·lustració 4: Mides de les diferents càpsules. (https://fetonfillers.com/capsules/)	10
Il·lustració 5: Dragea (https://www.aparicifarmacia.com/)	11
Il·lustració 6: Organització dels requadres del blíster/pastiller (https://nutricionalmeria.wordpress.com/2013/04/15/que-es-el-spd/)	11
Il·lustració 7: Robot XY destinat al dibuix. (https://es.aliexpress.com/item/32952725307.html)	12
Il·lustració 8: Robot en H (https://www.youtube.com/watch?v=lkM2K7CsiHo&ab_channel=thang010146)	12
Il·lustració 9: Finalitat del robot cartesià de tipus H	13
Il·lustració 10: Anàlisi de moviment del robot H (B. Shaqour, Developing an Additive Manufacturing Machine, 2016)	13
Il·lustració 11: Funcionament motor pas a pas de tipus Bipolar, moviment a pas complet (https://microtutorialesdc.com/course/programing/mikroc/curso-pic-17)	14
Il·lustració 12: Funcionament de motor pas a pas de tipus bipolar, moviment "full step" (https://microtutorialesdc.com/course/programing/mikroc/curso-pic-17)	15
Il·lustració 13: Tipus de motors pas a pas segons el rotor; esquerra: Imants permanents, centre: reluctància variable, dreta: Híbrids. (https://www.youtube.com/watch?v=cg-dcz9PCCQ&ab_channel=JAESCompanyEspan%C3%B1ol)	15
Il·lustració 14: Rotor d'un motor pas a pas híbrid. (https://www.youtube.com/watch?v=dUkj1EEDMUs&ab_channel=JAESCompanyEspan%C3%B1ol)	16
Il·lustració 15: Rotor i estator d'un motor pas a pas híbrid (https://www.youtube.com/watch?v=dUkj1EEDMUs&ab_channel=JAESCompanyEspan%C3%B1ol)	16
Il·lustració 16: Pols del camp magnètic de les bobines de l'estator d'un motor pas a pas de tipus híbrid (https://www.youtube.com/watch?v=dUkj1EEDMUs&ab_channel=JAESCompanyEspan%C3%B1ol)	17

Il·lustració 17: Connexions d'un motor pas a pas de tipus unipolar de cinc cables (http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm)	17
Il·lustració 18: Connexions d'un motor pas a pas de tipus unipolar de sis cables (http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm)	18
Il·lustració 19: Model conceptual d'un motor pas a pas bipolar (https://blog.330ohms.com/2016/02/09/motores-a-pasos-unipolares-o-bipolares/).....	19
Il·lustració 20: Esquema d'un motor pas a pas bipolar i unipolar (http://diymakers.es/mover-motores-paso-paso-con-arduino/)	19
Il·lustració 21: Senyals d'alimentació d'un driver per a un motor pas a pas (http://www.dima3d.com/motores-paso-a-paso-en-impresion-3d-i-nociones-basicas-2/).....	22
Il·lustració 22: Ports i connexions del driver A4988 (https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/descripcion-del-driver-a4988).....	22
Il·lustració 23: Taula de la veritat de la configuració dels micro-passos del driver A4988 ("A4988 DMOS Microstepping Driver with Translator", 2009-2014, Allegro MicroSystems, LLC)	23
Il·lustració 24: Fórmula per esbrinar el voltatge de referència del driver A4988	23
Il·lustració 25: Step Sequencing settings, 2009-2014, Allegro MicroSystems, LLC	24
Il·lustració 26: Taula comparativa entre els microcontroladors Arduino Uno, Mega i micro (https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro)	25
Il·lustració 27: Descripció gràfica dels connectors de la Shield Ramp 1.4(https://www.prometec.net/ramps-14/)	26
Il·lustració 28: Connexions Ramp 1.4 (https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)	27
Il·lustració 29: Esquema connexions Ramps 1.4 (https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)	27
Il·lustració 30: Connexions PLC Ramps 1.4 (https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4).....	28
Il·lustració 31: Taula de la veritat ponts RAMPS, selecció de micropassos (https://www.prometec.net/ramps-14/)	29
Il·lustració 32: Pins de selecció de mode de pas (https://www.prometec.net/ramps-14/)	29
Il·lustració 33: Final de carrera (http://deimpresoras3d.com/finales-de-carrera-de-impresoras-3d/)	30
Il·lustració 34: Eix òptic d'acer (https://www.amazon.es/gp/product/B07MV83GXB/ref=ox_sc_act_title_6?smid=A377Z8NE9XHCBB&pssc=1).....	30
Il·lustració 35: Bloc de rodament lineal (https://www.amazon.es/gp/product/B091Y4QZ7L/ref=ox_sc_act_title_8?smid=A3VAC2KFJMMUMK&pssc=1)	31
Il·lustració 36: Corretja i engranatges (https://www.amazon.es/dp/B094DGSN1R/ref=sspa_dk_detail_0?pssc=1&pd_rd_i=B094DGSN1R&pf_rd_p=444f018a-62d7-48b2-a88a-cea784dc658f&pd_rd_wg=l8hWT&pf_rd_r=39Y09RAQB6FKD4GYAZNV&pd_rd_w=ybO7G&pd_rd_r=275e33e9-568e-4927-8db8-3b3011b443b5&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhb)	31
Il·lustració 37: CREALITY ENDER 3 (https://www.banggood.com/es/Crealiti-3D-Ender-3-3D-Printer-220x220x250mm-Printing-Size-With-Power-Resume-Function-or-V-Slot-with-POM-Wheel-	

or-1_75mm-0_4mm-Nozzle-p-1278399.html?utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc_organic&gmcCoun)	33
Il·lustració 38: Elements d'una impressora 3D de tecnologia FDM (https://www.impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/)	34
Il·lustració 39: Funcionament dosificador	36
Il·lustració 40: Motor 28BYJ-48 (https://naylampmechatronics.com/motores-pap-steppers/365-motor-pap-28byj-48-5v.html).....	37
Il·lustració 41: Driver ULN2003 (https://www.hwlibre.com/ca/28byj-48 /).....	37
Il·lustració 42: Esquema elèctric del sensor IR	38
Il·lustració 43: Connexions dels elements del dispensador	39
Il·lustració 44: Proposta per a la interfície gràfica.....	53

Índex de taules

Taula 1: Mides de les càpsules	10
Taula 2: Taula de la veritat pel moviment a pas complet d'un motor pas a pas unipolar.	18
Taula 3: Taula de la veritat pel moviment "full step" d'un motor pas a pas unipolar	18
Taula 4: Taula de la veritat pel moviment a mig pas d'un motor pas a pas unipolar	18
Taula 5: Característiques del motor pas a pas escollit	21
Taula 6: Comptatge dels ports d'entrada i sortida necessaris	25
Taula 7: Característiques del motor 28BYJ-48.....	36

1 Introducció

1.1 Resum (CAT)

El següent projecte s'ha basat en la cerca d'una solució automatitzada per a la dispensació de píndoles en blísters i pastillers. S'ha dissenyat i materialitzat un robot cartesià de dos eixos (en 'H'), i un sistema per a dispensar píndoles, emmagatzemades en un dipòsit, en funció de la seva mida i forma. Per dur-ho a terme s'ha realitzat l'estudi previ dels elements necessaris i les consideracions a tenir en compte, el disseny 3D d'algunes peces en el programari SolidWorks, la programació dels components en el programa Arduino IDE, i l'ús de la impressora 3D Creality Ender 3 per imprimir les peces dissenyades.

1.2 Resumen (CAST)

El siguiente proyecto se ha basado en la busca de una solución automatizada para la dispensación de píldoras en blísteres y pastilleros. Se ha diseñado y materializado un robot cartesiano de dos ejes (en 'H'), y un sistema para dispensar dichas píldoras, almacenadas en un depósito, en función de su tamaño y forma.

Para llevarlo a cabo se ha realizado el estudio previo de los elementos necesarios y las consideraciones a tener en cuenta, el diseño 3D de algunas piezas en el software SolidWorks, la programación de los componentes en el programa Arduino IDE, y el uso de la impresora 3D Creality Ender 3 para imprimir las piezas diseñadas.

1.3 Abstract (ENG)

This project is based on the searching of an automated solution for pill dispensing onto blister packs and pill dispensers. A two-axis Cartesian robot (in 'H') has been designed and materialised. A system has also been designed to dispense these pills, stored in a reservoir, according to their size and shape. To conduct it, a preliminary study of the necessary elements and considerations has been done.

The 3D design of some parts was also carried out using SolidWorks software, as well as the programming of the components in the Arduino IDE programme and the use of the "Creality Ender 3" 3D printer to print the designed parts.

1.4 Objecte del projecte

En aquest projecte es realitzarà el disseny d'un prototip capaç de dipositar píndoles a un blíster o pastiller de manera automatitzada. El blíster serà setmanal, de la marca Venalink, tipus estàndard. Es dissenyarà posteriorment un pastiller apte pel prototip, per a que la automatització sigui aplicable també en pastillers.

El prototip haurà de ser capaç de dipositar qualsevol tipologia de píndola, independentment de la seva forma i mida.

El procés de dispensació haurà d'anar acord amb les demandes de l'usuari/ària. D'aquesta manera, l'usuari/ària introduirà a partir d'una interfície la distribució desitjada de píldores per a cadascuna de les divisions del blíster i el dispositiu realitzarà la classificació pertinent.

Per coordinar tots els sensors i actuadors del prototip, s'utilitzarà un microcontrolador Arduino.

Per emmagatzemar i dosificar unitàriament les píndoles, s'utilitzaran dipòsits. A cada tipus de píndola li correspondrà un dipòsit.

En aquest projecte hi haurà dos dipòsits, així que es podran dispensar dues tipologies de píndoles.

1.5 Justificació del projecte

El dispositiu resultant d'aquest projecte haurà de donar solució a diversos problemes diversificats en els sectors a on la distribució de medicaments és més freqüent : El farmacèutic, l'hospitalari i el de les residències de gent gran.

1.5.1 Farmàcies

1.5.1.1 Declaració de la OMS

Segons la OMS:

El incumplimiento del tratamiento a largo plazo de las enfermedades crónicas, como las enfermedades cardiovasculares, el VIH/SIDA o la depresión, es un problema mundial de gran magnitud y que tiende a aumentar.

(...)

Varios análisis rigurosos, que se recogen en un nuevo estudio de la Organización Mundial de la Salud, han revelado que en los países desarrollados la observancia del tratamiento por parte de los pacientes con enfermedades crónicas es de sólo el 50 %. Los datos disponibles señalan que el cumplimiento es todavía mucho menor en los países en desarrollo. [1]

Com es pot veure a les declaracions de la OMS, l'incompliment dels tractaments a llarg termini és un problema greu a l'hora de trobar millores en l'evolució de les patologies.

En el cas dels pacients que han de prendre diferents pastilles simultàniament i/o a llarg termini, es complica el correcte compliment dels programes de medicació respecte als pacients que han de medicar-se menys freqüentment.

Facilitar la gestió i la organització a l'hora d'efectuar les pautes posològiques és de vital importància si es desitja assegurar l'èxit del tractament.

1.5.1.2 Mètodes pel compliment

Existeixen diversos mètodes per tal d'assegurar el correcte compliment d'aquestes pautes; com els sistemes de recordatori físics (sistemes personalitzats de dosificació, SPD), els tractaments amb observació directa (TOD) o els sistemes de distribució de medicaments per dosis unitàries (SDMDU).

Sistema personalitzat de dosificació (SPD): Consten de la preparació de les pautes posològiques per part del farmacèutic/a a partir d'un pastiller setmanal (alguns amb subdivisions de dies, matins migdies i nits), o fins i tot mensual.

Tractament amb observació directa (TOD): És un mètode que implica a una tercera persona per a que observi la presa de la medicació dels pacients. Aquest rol acostuma a recaure als professionals farmacèutics comunitaris, degut al seu coneixement sobre el pacient i la seva medicació.

Sistemes de distribució de medicaments per dosis unitàries (SDMDU): És un sistema de dosificació diari emprat sobretot en l'àmbit hospitalari. En aquest sistema la medicació es prepara en una única administració i es marca amb el nom del pacient que rebrà les dosis, deixant-la enllestida per a ser administrada sense necessitat de preparació posterior.

Així doncs, juntament amb la complementació d'altres possibles recursos, els sistemes personalitzats de dosificació distribuïts i controlats per les farmàcies són una bona solució per l'incompliment de les pautes posològiques, així com els sistemes de distribució de medicament per dosis unitàries.

D'aquestes tres estratègies, la més emprada en l'àmbit farmacèutic és la que correspon al sistema personalitzat de dosificació.

1.5.1.3 Política econòmica i el SPD

Els sistemes personalitzats de dosificació es van voler introduir a Espanya durant la Legislatura presidida per l'antic secretari general del Partit Socialista Obrer Espanyol José Luís Rodríguez Zapatero, com una de les mesures de contenció de la despesa farmacèutica del Ministeri de Sanitat.

Aquesta reforma va ser recolzada amb un programa pilot que es va dur a terme a Galícia entre els anys 2003 i 2004, presentada l'any 2007.

Entre els resultats de l'informe portat per Gaceta Sanitaria [2], es troben les següents declaracions:

– *“En el 60,57% de las prescripciones de los tratamientos no se ajustaron a las presentaciones convencionales disponibles en el mercado”.*

(...)

– *“El ahorro registrado fue del 29,94%. El origen de este ahorro derivó en un 46,17% del ajuste de la cantidad dispensada a la necesaria para el tratamiento, y en el 53,82% restante del menor precio medio de las especialidades seleccionadas para el programa”.*

Per tant, com podem observar als resultats del pla pilot, es poden arribar a reduir considerablement els costos. És freqüent doncs que hi hagi un excedent de pastilles que acabi per caducar-se o desaprofitant. Evitar això és un dels objectius del programa de dosificació personalitzada.

Actualment la situació del SPD a Espanya està tímidament consolidada; tres de cada deu farmàcies poden donar aquest servei de manera regulada i opcional.

Un altre dels avantatges del SPD és que els professionals farmacèutics també s'encarreguen d'assegurar la correcta gestió del rebuig especialitzat de residus, a Espanya portat per la empresa SIGRE (en el cas de les deixalles provinents de les farmàcies). D'aquesta manera es pot reduir l'impacte mediambiental del sector farmacèutic.

1.5.2 Hospitals

Anteriorment s'ha comentat que en el cas de no tenir suficient demanda, l'automatització dels sistemes personalitzats de dosificació pot no sortir econòmicament rentable. En el cas dels hospitals, la demanda de preparació de sistemes de dosificació és molt més alta, per tant, l'automatització en aquest sector pot arribar a ser molt més factible.

Els hospitals acostumen a utilitzar els sistemes de distribució de medicaments per dosis unitàries (SDMDU). La principal diferència que té això amb els SPD que s'aplica a les farmàcies és la freqüència de preparació; en els hospitals es prepara l'administració unipersonal diàriament, mentre que en el cas de les farmàcies s'acostuma a realitzar cada setmana (o fins i tot cada mes).

Tot i així, un dels avantatges que pren el dispositiu és que forma part d'una automatització programable, així que tindrà certa flexibilitat a l'hora de classificar les pastilles en els pastillers, ja siguin setmanals, diaris o mensuals. Tot i això en el aquest projecte la programació estarà destinada en la classificació de píldores en un pastiller setmanal.

1.5.3 Residències

Segons el web elfarmacéutico.es, a l'article "Papel del farmacéutico en residencias de personas mayores" [3] s'indica el següent:

"Preparación de sistemas individualizados de administración de los medicamentos:

En las residencias es necesario disponer de un sistema que permita ordenar la medicación individualizada para cada paciente, correctamente identificada y en un formato que facilite la administración por parte del personal de enfermería y minimice los errores. Para ello existen básicamente tres alternativas:

- *Los Sistemas Personalizados de Dosificación (SPD).*
- *Las bandejas de medicación semanal en carros.*
- *Los dispositivos robotizados de emblistado y comprobación. "*

Les safates de medicació setmanal en carros són un complement dels sistemes personalitzats de dosificació. Són pastillers setmanals a dins de carros que faciliten la seva distribució i classificació.

Els sistemes robotitzats amb la classificació de píndoles dins de “blísters” són un sistema existent alternatiu al plantejat. En lloc de classificar les pastilles en pastillers setmanals reutilitzables, el robot ho classifica en blísters d’un sol ús que realitzen la mateixa funció. El hàndicap d’aquesta metodologia és l’ús excessiu de plàstics.

El mateix lloc web indica que els dispositius robotitzats de “emblístat” són capaços de reduir el temps necessari per a la distribució individualitzada dels medicaments i que la seguretat d’aquests sistemes és la més alta que hi ha al mercat, amb un marge d’error per pacient inferior al 0,01 %.

Així doncs, amb el dispositiu que es vol elaborar en aquest projecte, el que es desitja és oferir els mateixos avantatges que ofereixen les “emblístadores automàtiques” però afegint també la possibilitat d’utilitzar els pastillers reutilitzables.

1.5.4 El projecte

1.5.4.1 Necessitat:

Amb el dispositiu resultant d’aquest projecte es pretén formar part de la millora de les condicions en els sectors farmacèutic, hospitalari i el de les residències de gent gran.

En cadascun dels sectors, s’hi poden veure denominadors comuns objectes de millora:

- La minuciositat i el temps de dedicació que comporta un procés tant mecanitzat com la gestió manual de píndoles en el classificador.
- La càrrega de feina excessiva.
- Els costos econòmics.
- Al tractar-se d’un procés mecanitzat manualment, sempre es pot considerar la possibilitat de que hi hagi un error humà a l’hora d’efectuar la tasca.
- L’aplicació dels SPD pot arribar a reduir l’impacte ambiental dels tractaments; ja que la dosificació personalitzada evita que no s’aprofitin tots els medicaments i assegura la correcta gestió dels residus. S’ha d’entendre que aquest projecte està plantejat com una eina auxiliar per aquest sistema. Si es promou l’ús d’aquest dispositiu, es promou l’ús dels SPD i per tant, tots els beneficis que li corresponen.
- El sistema alternatiu a aquest dispositiu és l’emblístadora automàtica, amb un ús excessiu de plàstics no reutilitzables com a problema principal.

1.5.4.2 Motivació personal

També cal remarcar l'interès personal que tinc en el treball que comporta el desenvolupament d'aquest dispositiu. Aquest projecte engloba una bona quantitat de coneixements, tals com la programació de microcontroladors en C, el desenvolupament de sistemes SCADA, electrònica analògica, electrònica digital, instrumentació electrònica, disseny gràfic, programació orientada a objectes, etc. Aquesta és una de les raons personals per les que hi estic interessat.

Cal remarcar també que el projecte va ser proposat per un familiar que treballa a la farmàcia. Originalment era només com una eina per automatitzar el procés d'emblitat per a blisters d'una marca en concret. Però vistos els avantatges mediambientals que tenen els pastillers davant dels blisters, considerava adient afegir la possibilitat de poder automatitzar ambdós sistemes de dosificació personal.

1.6 Abast del projecte:

Durant la realització del projecte es duran a terme les següents tasques:

- Consideracions prèvies al disseny de l'estructura del prototip
- Estudi teòric dels components que caldran per la realització i materialització del mòdul, així com el seu escull.
- Crear pressupost.
- Disseny i estudi de l'estructura del prototip.
- Disseny i impressió del pastiller
- Estudi per a la impressió 3D de les peces dissenyades.
- Impressió de les peces.
- Acoblament de les peces i components (Materialització del projecte).*
- Programació del microcontrolador.
- Anàlisis dels resultats.

*La materialització serà parcial; la materialització de la plataforma que s'encarregarà de moure el blíster o pastiller serà total, però els dispensadors, tot i que estiguin impresos, no estaran situats just a sobre de la plataforma.

1.7 Especificacions bàsiques:

El dispensador automàtic tindrà les següents utilitats:

- Podrà guardar en dipòsits un nombre determinat de pastilles.
- Haurà de ser compatible amb blisters i amb pastillers.
- Serà capaç de dosificar les píndoles de cada dipòsit unitàriament.
- Es podrà indicar quantes píndoles es vol dosificar unitàriament en cada requadre.
- El prototip serà capaç de moure el requadre desitjat del pastiller/blíster just a un punt de referència, que és a on haurà de caure la píndola del dosificador.
- Serà capaç de manipular qualsevol tipus de píndola, independentment de la seva forma i mida.
- Donarà la opció de mostrar el número de píndoles que hi ha a tots els dipòsits
- Tindrà una interfície a on l'usuari/ària podrà interactuar amb el prototip. Donant a escollir tres opcions:

1. Veure el número de píndoles que hi ha a tots els dipòsits
2. Introduir píndoles a un dipòsit
3. Introduir píndoles a un blíster/pastiller

2 Consideracions prèvies al disseny de l'estructura del prototip

2.1 Normatives:

Abans de realitzar el disseny del prototip, cal indicar quines son les normatives que caldria tenir en compte per a la comercialització i aplicació en serveis d'aquest projecte. Per exemple la higiene, les condicions d'emmagatzematge o la cura que calgui tenir en la manipulació de les píndoles, vindran definides per la normativa.

2.1.1 Normatives farmacològiques:

L'emmagatzematge de les píndoles ha de mantenir la integritat i les qualitats pròpies del medicament, tal com s'indiqui al mateix prospecte.

Cal evitar que irradiació directa o altres fonts de calor incideixin sobre el medicament.

En excepció dels medicaments amb condicions d'emmagatzematge especials, hauran de romandre a temperatura ambient, és a dir, que no superi els 25°C ni el 70% d'RH.

Cal registrar la temperatura i la humitat periòdicament per tal d'assegurar que les condicions d'emmagatzematge no malmetran el medicament.

Els estupefaents han de romandre separats de la resta de medicaments, protegits de persones alienes.

Cal controlar les caducitats dels medicaments.

Cal evitar la presència de materials que desprenguin partícules juntament amb els medicaments.

Les medicines han de romandre fora de l'abast dels infants i de persones no autoritzades.

2.1.2 Normatives referents als productes electrònics:

En aquest apartat es troben les lleis:

- **UNE-EN 61709: 2014 - 09/04/14:** Fa referència a la fiabilitat dels components electrònics així com les condicions de referència per a les taxes de fallada i models de conversió en funció dels esforços.

- **UNE-EN 62474: 2012 - 28/11/12:** Cita la declaració de material per a productes i per la indústria electrotècnica.

- **UNE-EN 60.286-4: 2000 - 21/11/00:** Fa referència a l'embalatge de components per a operacions automatitzades.

En referència als sistemes automatitzats, la guia de bones praxis de preparació de medicines en serveis de farmàcia hospitalària [4] recomana el següent:

- Ha d'existir un manual d'usuari; si és necessari, el manual disposarà de diverses versions, segons el nivell d'accés de l'usuari.
- L'accés als sistemes automatitzats ha d'estar regulat. Han d'incorporar controls físics i / o lògics per a restringir l'accés als sistemes informatitzats a persones autoritzades. L'accés ha de permetre la traçabilitat dels usuaris.
- La formació teòrica i pràctica del personal que ha d'utilitzar el sistema ha d'estar garantida i documentada sota la responsabilitat del professional responsable tant de la formació inicial com de la formació continuada.
- Tot sistema automatitzat ha d'estar validat pel farmacèutic responsable abans de ser implementat en la pràctica diària. Aquesta validació ha de ser registrada i documentada.
- En el cas de qualsevol modificació cal considerar la necessitat de revalidar el sistema.
- S'han d'establir indicadors de qualitat que mesuren el correcte funcionament dels sistemes de forma periòdica i documentar-se.

2.1.3 Normativa sobre seguretat domèstica

- **UNE-EN 50615: 2015 - 13/05/15:** Fa referència als aparells electrodomèstics i anàlegs, i seguretat.

2.1.4 Normativa sobre marcatge CE

En aquest apartat es troben les lleis:

- **Reial Decret 1644/2008:** Fa referència a les normes per a la comercialització i posada en servei de les màquines.

- **Reial Decret 524/2006:** Esmenta les normes que regulen les emissions sonores a l'entorn degudes a determinades màquines.

- **A 60.204-33: 2011:** Referent a la seguretat de les màquines i l'equipament elèctric de les màquines.

- **UNE-EN 60335-1: 2012 - 30/05/12:** Cita els requisits generals que han de tenir els aparells electrodomèstics i anàlegs.

2.1.5 Protecció de dades

- **Directiva 2002/22 / CE de Parlament Europeu:** Referent al servei universal i als drets dels usuaris en relació a les xarxes i els serveis de comunicacions electròniques.

- **Directiva 2002/58 / CE de Parlament Europeu:** Fa referència al tractament de les dades personals i a la protecció de la intimitat en el sector de les comunicacions electròniques.

2.1.6 Residus. Aparells elèctrics i electrònics

- **Directiva 2012/19 / CE de Parlament Europeu:** Referent a aparells elèctrics i electrònics. Les mesures destinades a protegir el medi ambient i la salut humana mitjançant la prevenció o la reducció dels impactes adversos de la generació i gestió dels residus d'aparells elèctrics i electrònics.

2.2 Forma i mida de les píndoles:

Segons el gran diccionari de la llengua catalana [5], el significat de píndola és el següent:

" Forma farmacèutica sòlida d'administració oral obtinguda per emmotllament i arrodoniment d'una massa pil·lular plàstica, de forma esfèrica, endurida."

En aquest document s'englobaran les tres tipologies principals de píndoles; els comprimits, les dragees i les càpsules.

A continuació es mostrarà cada tipus de píndola i s'estudiaran les seves dimensions per tal d'esbrinar quin és el rang de mides que el prototip haurà d'acceptar, tant de llargada com d'amplada.

2.2.1 Comprimits

S'obtenen a partir de la compactació del medicament en forma de polsim, donant-li la estructura que es desitgi.



Il·lustració 1: Comprimit (<https://www.aparicifarmacia.com/>)

A continuació es procedirà a analitzar quines són les mides que acostumen a tenir els comprimits al mercat. Per això es prendrà com exemple la següent imatge, a on es mostren les mides que prenen les principals píndoles més receptades en pediatria a Carolina del Nord, Estats Units.

	Dosage (mg ^a)	Length (mm)	Width (mm)	Variation in size (mm) ^b	Representation of firsthand size measured ^c
Acetaminophen	325	10.37	10.37	4–17	
Ibuprofen	200	9.72	9.72	7–25	
	400	13.62	8.34	8–15	
	600	17.21	9.12	9–19	
	800	19.14	9.11	9–21	
Amoxicillin	250	19.02	6.55	18–22	
	500	21.32	7.39	17–23	
TMP/SMX	400/80	11.13	11.13	11–13	
	800/160	19.21	10.22	19	
Docusate	50	11.7	7.33	10–13	
	100	12.87	7.41	4–14	
Azithromycin	250	12.86	6.73	13–15	
	500	17.1	10.11	16–19	
Clindamycin	150	19.12	6.62	10–20	
Amoxicillin/clavulanate	500	20.48	9.74	13–21	
	875	21.91	10.4	13–22	
Cephalexin	250	17.52	6	12–25	
	500	21.47	7.11	12–25	
Cefdinir	300	21.5	7.31	21–22	
Fluconazole	50	8.2	6.1	8–9	
	100	10.25	7.78	8–11	
	150	11.1	8.52	11–13	
	200	11.77	8.05	10–14	
Gelcaps	Size 4	15.49	4.9		
	Size 0	23.5	7.35		
	Size 00	24.9	8.38		

Il·lustració 2: Mostres de píndoles seleccionades, variacions en la fabricació i representacions de mida real (farmàcia hospitalària infantil de Carolina del Nord). Per NIH National Institutes of Health, NLM National Library of Medicine

De moment no es tindrà en compte l'apartat de "gelcaps", corresponent a les càpsules, ja que es tindrà en compte més endavant.

De moment, l'amplada i llargada màximes de les píndoles correspon a 11,13mm i 21,91mm respectivament.

2.2.2 Càpsules

Les càpsules es caracteritzen per tenir el fàrmac dins d'un petit recipient de gelatina.



Il·lustració 3: Càpsula (<https://www.aparicifarmacia.com/>)

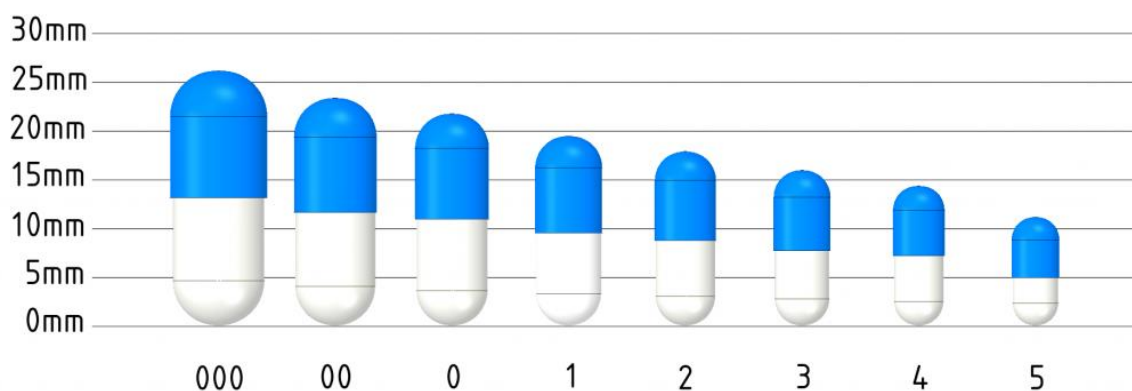
Les càpsules prenen una estructura definida. Està composta pel cos i el cap. El cos és més llarg i és més estret que el cap. El cos és el que s'omple del fàrmac. És per tant el volum del cos el que determina el volum útil d'emplenament.

Pel que fa a la seva mida, les càpsules acostumen a tenir formes i dimensions estandarditzades. En la següent taula es podrà apreciar quines son:

	000	00	0	1	2	3	4	5
Llargada de la càpsula tancada (mm)	26.1	23.3	21.7	19.4	18.0	15.9	14.3	11.1
Llargada del cos (mm)	22.2	20.2	18.4	16.6	15.3	13.6	12.2	9.3
Llargada del cap (mm)	12.9	11.7	10.7	9.8	8.9	8.1	7.2	6.2
Diàmetre del cos (mm)	9.5	8.2	7.3	6.6	6.1	5.6	5.0	4.7
Diàmetre del cap (mm)	9.9	8.5	7.6	6.9	6.3	5.8	5.3	4.9
Pesos (mg)	163	118	96	76	61	48	38	28

Taula 1: Mides de les càpsules

En la següent imatge es pot apreciar de manera gràfica les diferents mides:



Il·lustració 4: Mides de les diferents càpsules. (<https://fetonfillers.com/capsules/>)

Es pot apreciar que la llargada i amplada màximes de les càpsules és de 26.1mm i 9.9mm respectivament.

2.2.3 Dragees

Comprimits recoberts amb una capa que protegeix el medicament i facilita el seu pas per la gola.



Il·lustració 5: Dragea (<https://www.aparicifarmacia.com/>)

Una vegada analitzades les mides màximes de les càpsules i els comprimits, l'anàlisi de les dimensions que poden presentar les dragees es considera redundant, per tant, s'omet aquest pas.

Així doncs, l'amplada màxima que s'ha observat és d'11.13mm, i la llargada màxima és de 26.1mm.

2.3 Estructura del blíster/pastiller:

Com s'ha comentat anteriorment, el prototip serà compatible amb un blíster disponible al mercat i amb un pastiller dissenyat a mida.

El prototip serà compatible amb el blíster de marca Venalink, tipus estàndard.

Tant el blíster com el pastiller tindran les mateixes mides.

La organització del blíster/pastiller serà com indica la següent imatge:



Il·lustració 6: Organització dels requadres del blíster/pastiller (<https://nutricionalmeria.wordpress.com/2013/04/15/ques-el-spd/>)

Hi ha un total de 28 requadres, distribuïts en quatre columnes de set files. Cada fila correspon a un dia de la setmana, i cada columna correspon a un àpat o moment del dia (esmorzar, dinar, sopar i el moment abans d'anar al llit).

3 Disseny del prototip:

El prototip es dividirà en dues parts: Un robot cartesià, que s'encarregarà de moure el blíster/pastiller en els eixos X i Y del pla; i el dosificador, que s'encarregarà d'emmagatzemar i distribuir les píndoles segons les especificacions.

3.1 Robot cartesià tipus 'H'

3.1.1 Descripció

La primera part del prototip serà un robot cartesià que es mourà en dos eixos 'X' i 'Y' respectivament. Disposarà doncs de dos graus de llibertat donats per dues articulacions prismàtiques.

El nom ve donat per la seva aparença, similar a la lletra 'H'.

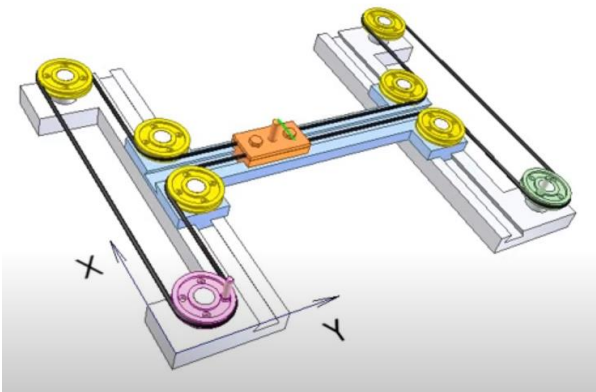
S'ha decidit prendre aquesta mena de robot degut a la seva baixa complexitat, al seu baix cost i a la rigidesa que ofereix la seva estructura. El robot haurà de moure una plataforma a on anirà el pastiller o blíster i cal que la estructura pugui aguantar sense problemes el pes que se li ha de posar a sobre. El fet de que tingui quatre punts de recolzament és el factor que el defineix com una de les millors opcions en quant a rigidesa estructural.

La forma que té un robot tipus H és semblant a aquest robot, destinat a traçar dibuixos sobre paper:



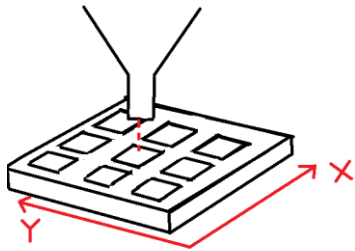
Il·lustració 7: Robot XY destinat al dibuix. (<https://es.aliexpress.com/item/32952725307.html>)

La següent imatge també facilitarà la comprensió de la estructura del robot:



Il·lustració 8: Robot en H (https://www.youtube.com/watch?v=IkM2K7CsiHo&ab_channel=thang010146)

Aquest robot s'encarregarà de moure el pastiller o blíster de tal forma que pugui posicionar el requadre a on ha d'anar la píndola just a sota de la obertura per a on el dosificador la deixarà caure. La imatge següent mostra de manera més gràfica el comportament indicat:

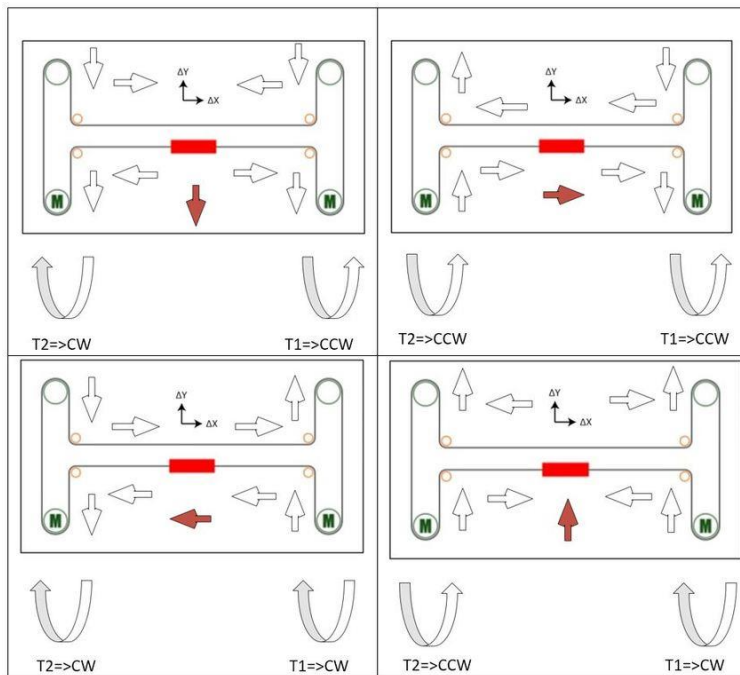


Il·lustració 9: Finalitat del robot cartesià de tipus H

3.1.2 Anàlisi de moviment del robot en H.

El robot disposarà de dos motors que s'encarregaran de realitzar els moviments transversals a través dels dos eixos.

La transmissió de moviment d'aquests dos motors es durà a terme a partir d'una única corretja, formant un circuit detallat en la imatge de sota:



Il·lustració 10: Anàlisi de moviment del robot H (B. Shaqour, Developing an Additive Manufacturing Machine, 2016)

En aquesta il·lustració es pot observar el comportament que pren la transmissió de moviment al robot tipus H. Els dos moviments més fàcils d'entendre són els que efectuen un moviment de translació horitzontal (x), ja que en aquest cas el circuit que efectua la corretja segueix el mateix sentit; són els casos en els que ambdós motors giren en el mateix sentit.

Per un altra banda, en el cas del moviment de translació vertical (y), la comprensió de la transmissió mecànica no és tant senzilla com l'anterior, ja que ambdós motors giren en sentits diferents. Cal entendre que el moviment que surt d'aquesta combinació surt de l'escurçament d'una de les bandes i l'elongació de l'altre. Per simplificar-ho, seguint les fletxes de moviment que hi ha a la il·lustració, es pot observar que a l'eix horitzontal es neutralitzen, mentre que queda únicament el moviment vertical.

3.1.3 Materials

3.1.3.1 Motor pas a pas

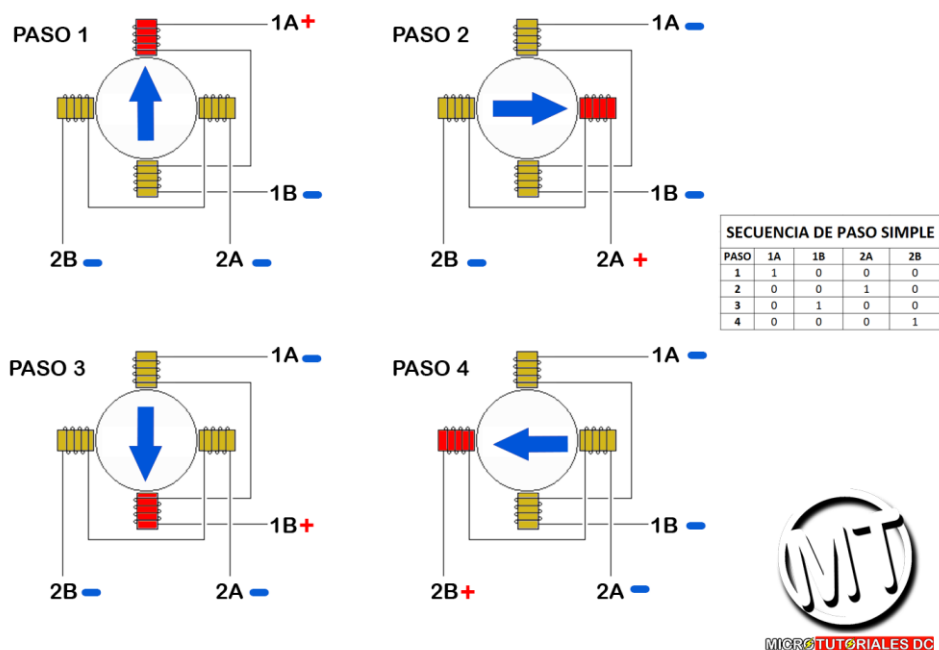
Per aquesta part del projecte s'escollirà un parell de motors pas a pas, ja que ofereixen una alta precisió, un moviment ràpid i àgil, un control senzill i un cost raonable.

Per contra, els motors pas a pas consumeixen energia tant si estan en moviment com si romanen aturats. I el parell motor es redueix a mida que augmenten les revolucions per minut, però en el cas d'aplicació del prototip no serà rellevant.

3.1.3.1.1 Com funciona un motor pas a pas?

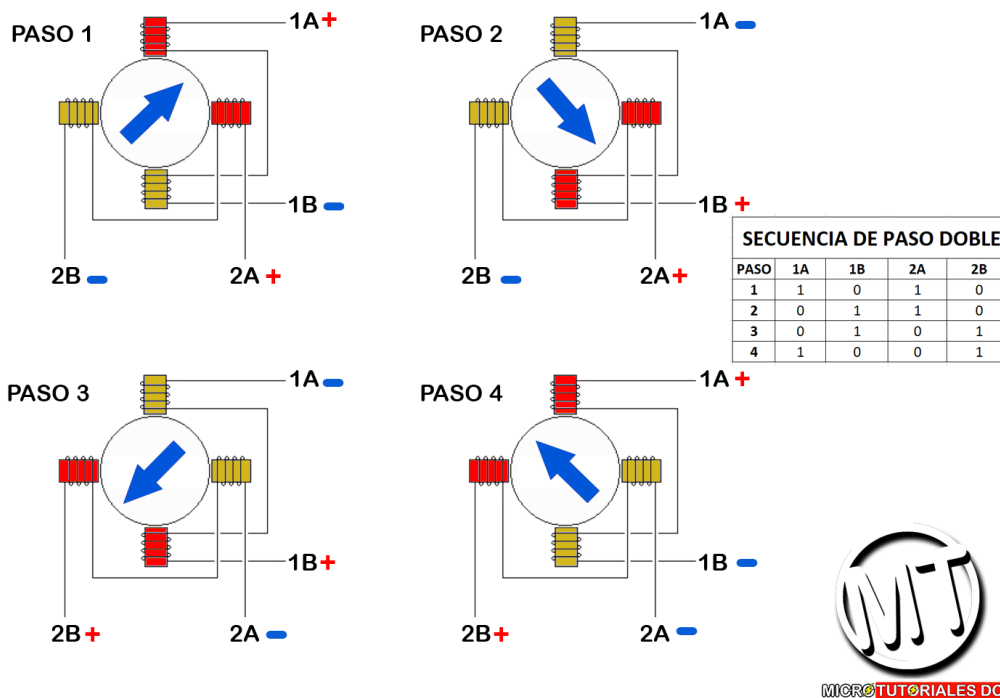
El motor pas a pas està compost per un rotor i un estator. S'alimenta a partir de corrent continu i el seu control i funcionament és similar al d'un motor BLDC, amb la diferència que el que es busca és un moviment controlat per passos i no un moviment uniforme i homogeni com és el cas del BLDC. De totes formes, encara que s'hagi fet aquesta analogia, a continuació s'analitzarà el funcionament del motor pas a pas.

L'estator està format per un conjunt de bobines. El controlador s'encarrega de subministrar corrent continu a cadascuna de les bobines de manera independent per tal de que formin un electroimant que s'encarregui de moure el rotor cap a una posició en concret. En la següent imatge es pot veure amb més claredat; s'aplica corrent positiu a una de les bobines, mentre que la resta romanen sense corrent. Un hàndicap de la tipologia a pas complet és que el parell motor es veu limitat a una de les bobines.



Il·lustració 11: Funcionament motor pas a pas de tipus Bipolar, moviment a pas complet (<https://microtutorialesdc.com/course/programing/mikroc/curso-pic-17>)

Cada transició del rotor d'un estat a l'altre és un pas. Cal remarcar que és possible que les transicions de moviment del rotor s'efectuïn de mig pas a mig pas. Això s'aconsegueix, combinat el pas complet amb el "full step", que s'aconsegueix aplicant corrent continu positiu a dues bobines. Amb aquesta tipologia es pot aconseguir el doble de parell motor que el pas complet, ja que és el doble de corrent que es subministra cap al motor.



Il·lustració 12: Funcionament de motor pas a pas de tipus bipolar, moviment “full step” (<https://microtutorialesdc.com/course/programing/mikroc/curso-pic-17>)

3.1.3.1.2 Criteris de selecció:

Els criteris de selecció que cal tenir en compte a l’hora d’escollir un motor pas a pas son els següents:

3.1.3.1.2.1 Tipus de motors pas a pas:

Hi ha tres diverses tipologies de motor pas a pas. Aquestes tipologies es defineixen en funció del tipus de rotor i del tipus de bobinatge de l’estator.

3.1.3.1.2.1.1 Per tipus de rotor:



Il·lustració 13: Tipus de motors pas a pas segons el rotor; esquerra: Imants permanents, centre: reluctància variable, dreta: Híbrids. (https://www.youtube.com/watch?v=cg-dcz9PCCO&ab_channel=JAESCompanyEspana%20JAESCompanyEspana%20)

Imants permanents:

El rotor està format per imants permanents que es veuen atrets pel camp magnètic efectuat per les bobines de l'estator.

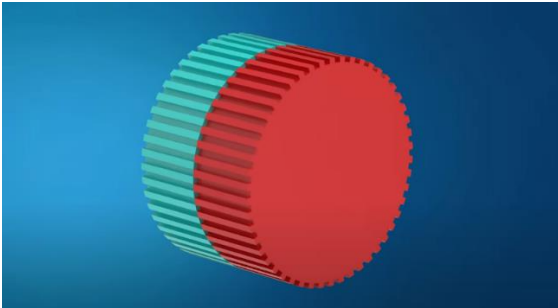
Reluctància variable:

El rotor està format per un conjunt de làmines. Dins d'aquestes làmines s'efectua un camp magnètic induït per les bobines de l'estator.

Híbrids:

És la modalitat més empenya a la indústria, i és per això que a continuació s'explicarà detalladament el seu funcionament.

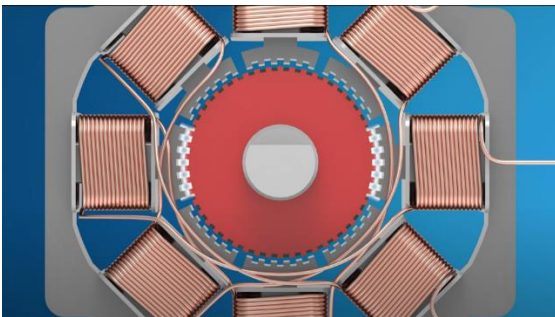
El rotor està format per un imant amb un camp magnètic paral·lel a l'eix de rotació. Cilíndric i dentat, amb dos pols. Les dents del cilindre estan desfasades respecte els pols. És a dir, que les dents del pol nord del cilindre estan desfasades amb les dents del pol sud del cilindre. A la següent imatge es pot observar amb més claredat.



Il·lustració 14: Rotor d'un motor pas a pas híbrid. (

https://www.youtube.com/watch?v=dUkjIEEDMUs&ab_channel=JAESCompanyEspana%C3%B1olJAESCompanyEspana%C3%B1ol)

A l'exemple, es presenta un rotor de 50 dents. Amb vuit bobines, amb sis dents a cada bobina de l'estator (48 dents), tal i com mostra la següent imatge:

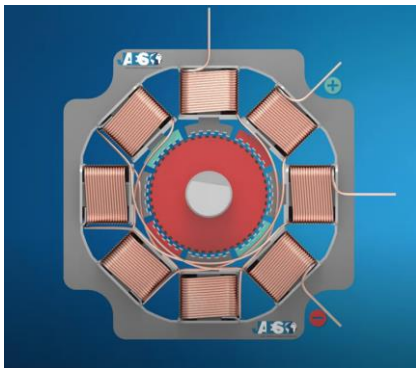


Il·lustració 15: Rotor i estator d'un motor pas a pas híbrid (

https://www.youtube.com/watch?v=dUkjIEEDMUs&ab_channel=JAESCompanyEspana%C3%B1olJAESCompanyEspana%C3%B1ol)

Com es pot observar a la il·lustració 15, només hi ha un parell de bobines dents les quals estan completament alineades amb les del rotor.

El gir del camp magnètic de l'estator canvia cada 45°. En canvi, el gir del rotor és cada 1.8°.



Il·lustració 16: Pols del camp magnètic de les bobines de l'estator d'un motor pas a pas de tipus híbrid (https://www.youtube.com/watch?v=dUkj1EEDMUs&ab_channel=JAESCompanyEspana%C3%B1ol)

En la il·lustració 15 el color blau correspon al pol nord, mentre que el color vermell correspon al pol sud. Així doncs, es pot observar com el pol nord de les dents del estator correspon amb el pol sud de les dents del rotor. És en aquest cas quan es dona la casuística de que ambdues bandes de les dents estan en fase.

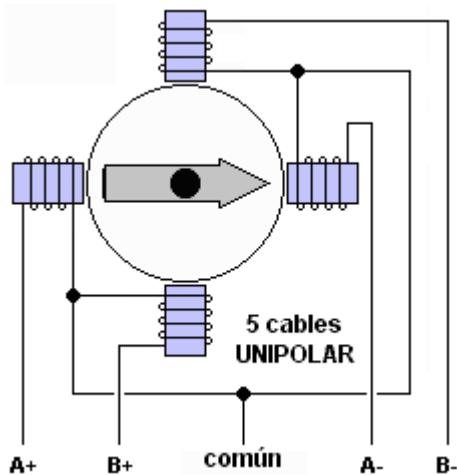
3.1.3.1.2.1.2 Per tipus d'estator (debanat) :

A continuació s'esmenaran els dos tipus de motor en funció de les bobines del seu estator.

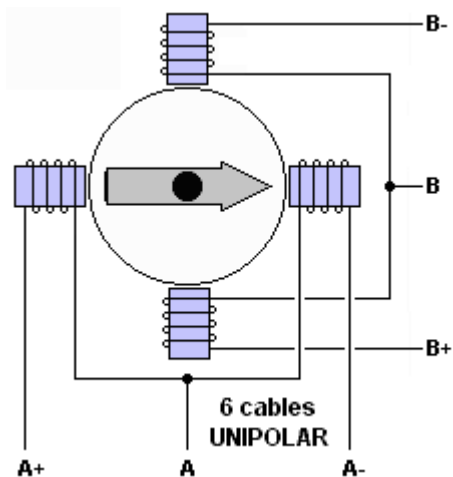
Unipolar:

Els motors unipolars son relativament fàcils de controlar en comparació als motors bipolars. La raó és perquè a l'hora de moure el rotor tan sols cal alimentar una de les bobines (la que anirà paral·lela a la direcció del rotor).

Normalment els motors unipolars es presenten amb cinc o sis cables (n'hi ha de 8), ja que els debanats presenten una fase comú al final. Els de cinc cables tenen un únic comú, mentre que els de sis cables tenen un comú per cada parell de bobines. En la següent imatge es poden entendre de manera més gràfica les connexions de cada tipus.



Il·lustració 17: Connexions d'un motor pas a pas de tipus unipolar de cinc cables (http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm)



Il·lustració 18: Connexions d'un motor pas a pas de tipus unipolar de sis cables (http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm)

Seguidament es mostrarà la taula de la veritat per fer una volta sencera (sentit horari) en diferents modalitats, prenent com a referència la il·lustració 16:

Moviment a pas complet:

	Pas 1	Pas 2	Pas 3	Pas 4
A+	1	0	0	0
B-	0	1	0	0
A-	0	0	1	0
B+	0	0	0	1

Taula 2: Taula de la veritat pel moviment a pas complet d'un motor pas a pas unipolar.

Si es desitja tenir un parell motor més gran, la modalitat "full step" és la indicada:

	Pas 1	Pas 2	Pas 3	Pas 4
B+				
A+	1	0	0	1
B-	1	1	0	0
A-	0	1	1	0
B+	0	0	1	1

Taula 3: Taula de la veritat pel moviment "full step" d'un motor pas a pas unipolar

Si es desitja una resolució més gran, cal combinar ambdues modalitats (mig pas):

	Pas 1	Pas 2	Pas 3	Pas 4	Pas 5	Pas 6	Pas 7	Pas 8
A+	1	1	0	0	0	0	0	1
B-	0	1	1	1	0	0	0	0
A-	0	0	0	1	1	1	0	0
B+	0	0	0	0	0	1	1	1

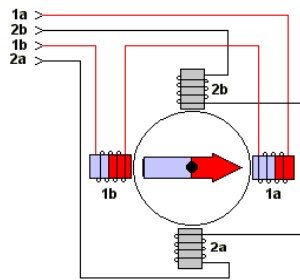
Taula 4: Taula de la veritat pel moviment a mig pas d'un motor pas a pas unipolar

Bipolar:

Consta de dues bobines i quatre cables (cada parell de cables correspon als terminals de cada bobina). La diferència amb el motor unipolar és que no hi ha punt comú entre les bobines.

En aquest cas, si es desitja que el rotor prengui un moviment en concret, es subministra corrent en un dels punts de connexió, i són dues les bobines que actuen com un electroimant. En la següent

figura, es pot observar l'esquema conceptual d'un motor pas a pas bipolar, on s'està subministrant corrent positiu a través del punt de connexió "1a". Es dona per suposat doncs que la resta dels punts de connexió es troben connectats a terra. D'aquesta manera, es veu com les bobines "1b" i "1a" actuen com un electroimant, prenent els seus pols en el mateix sentit. Això atorga al motor més parell motor en comparació al motor unipolar, ja que en aquest cas es subministra el doble de corrent.

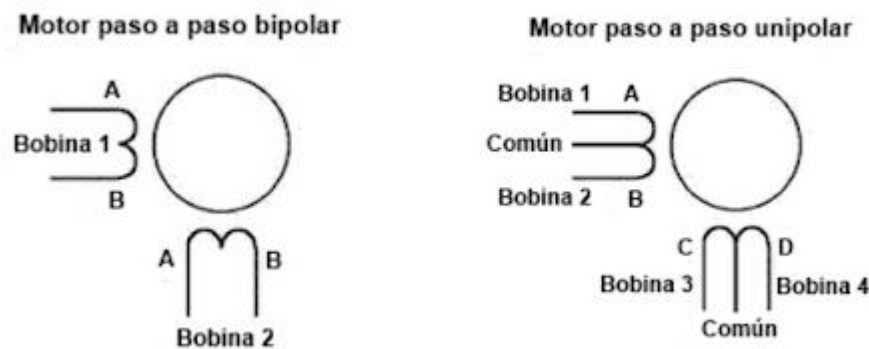


Conceptual Model of Bipolar Stepper Motor

Il·lustració 19: Model conceptual d'un motor pas a pas bipolar (<https://blog.330ohms.com/2016/02/09/motores-a-pasos-unipolares-o-bipolares/>)

Si es desitja saber quina és la taula de la veritat per tal de controlar aquesta tipologia de motor pas a pas, cal observar les il·lustracions 11 i 12. On '0' lògic és punt a terra, i un '1' lògic és punt a corrent positiu.

A continuació es mostra una il·lustració que mostra dos esquemes conceptuais que diferencien el motor pas a pas de tipus bipolar i de tipus unipolar:



Il·lustració 20: Esquema d'un motor pas a pas bipolar i unipolar (<http://diymakers.es/mover-motores-paso-paso-con-arduino/>)

3.1.3.1.2.2 Parell motor:

El motor ha de tenir prou parell com per ser capaç de moure la corretja sense cap mena de problema. Els fabricants acostumen a indicar-ne el seu valor amb N*Cm.

Calcular el parell motor necessari per tal d'assegurar el correcte funcionament del prototip és un procés complex, ja que hi ha diversos factors que s'han de tenir en compte, tals com la massa de l'eix a moure, la velocitat de gir, la inductància de les bobines, la inexactitud dels valors del fabricant, la transmissió que s'utilitzi, el fregament que hi hagi i la acceleració que es desitgi, entre d'altres.

És per això que es prendran com a referència valors provats i funcionals en impressores 3D. Segons l'envergadura del nostre prototip, prendrem com a referència una impressora a on el pes a moure sigui un o un altre i per tant, el parell del motor pas a pas en dependrà.

Segons la font que s'ha pres com a referència [6], per a càrregues lleugeres, el motor pas a pas haurà de ser com a mínim d'entre 28 i 40 Ncm. Per a càrregues mitjanes, el parell motor no ha de ser menor de 40 Ncm, i per a càrregues pesades, el valor del parell haurà de ser superior a 50-60Ncm.

Donat que en el cas del nostre prototip tan sols s'han de moure en l'eix 'x' i 'y' una plataforma i un pastiller amb pastilles com a càrrega, podem considerar que un motor pas a pas amb un parell motor que oscil·li 40Nm és suficient.

3.1.3.1.2.3 Intensitat nominal:

La intensitat nominal del motor afectarà als requisits del driver. Un dels criteris de selecció del driver és la intensitat màxima que és capaç d'aportar al motor. D'aquesta manera, caldrà comprovar que la intensitat nominal del motor no sigui massa superior que corrent que els divers estàndard que hi ha al mercat poden subministrar.

Cal tenir en compte que a més intensitat nominal té un motor pas a pas, millor conservarà el seu parell a altes velocitats. Com que la velocitat no és un requisit d'alta rellevància per al prototip, es buscarà un motor que no tingui una intensitat nominal massa alta.

Els motors pas a pas comercials acostumen a prendre valors que oscil·len en aquests marges:

- 0,6-0,7A
- 1,2-1,3A
- 1,7-1,8A
- 2,5A

Es pot escollir un motor pas a pas amb una intensitat que oscil·li entre les intensitats més baixes.

3.1.3.1.2.4 Resolució

La resolució marcarà els graus mínims que el motor pas a pas serà capaç de moure en un pas. Aquest és el punt fort dels motors pas a pas. La gran majoria de motors pas a pas prenen una resolució de 1.8°/pas; més que suficient per la aplicació que se li vol donar. Aquesta resolució es pot veure incrementada amb els divers.

3.1.3.1.2.5 El motor escollit

A continuació es mostra una taula amb les característiques del motor escollit i la seva descripció abreujada:

Característiques	Descripció	Valor
Nom	---	Nema 17
Fabricant		Usongshine
Model		17HS4401S
Graus	Marquen la resolució del motor (els graus mínims que el motor és capaç de moure)	1.8°/200 passos
Parell motor	Determina la força que és capaç d'executar el motor en relació a la distància des de l'origen del gir	0.43Nm
Amperatge/corrent nominal	Determina la quantitat de corrent que el motor és capaç de suportar sense espatllar-se. El controlador que escollim haurà de ser capaç de subministrar aquest amperatge.	1.5A/fase
Voltatge nominal		3.6V DC
Bipolar/unipolar	És determinat pel tipus de debanat que té.	Bipolar
Preu/unitat		8.33€

Taula 5: Característiques del motor pas a pas escollit (https://www.amazon.es/gp/product/B07MCXKW68/ref=ox_sc_act_title_1?smid=AHU6ZCCG7ZBNU&psc=1)

3.1.3.2 Driver

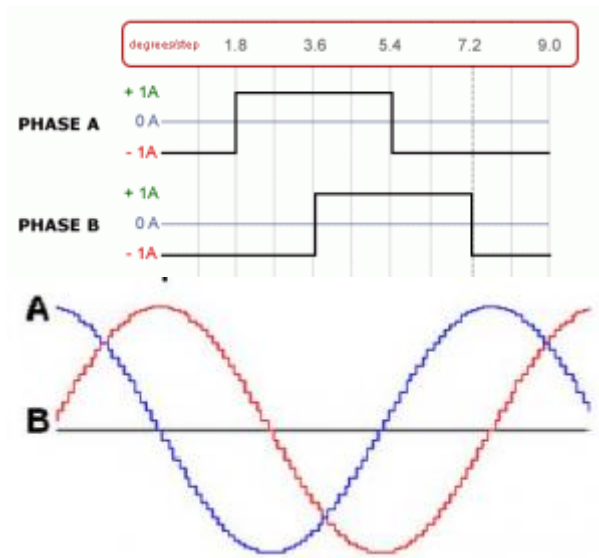
El driver s'encarrega de subministrar prou potència al motor a través d'una font de voltatge externa i d'atorgar aquesta potència de la forma adequada en funció de la consigna de control que se li hagi introduït.

Hi ha dos tipus de drivers en funció de les seves prestacions de control:

- Plug & play: Son drivers que no requereixen de cap microcontrolador. Es connecten a l'ordinador a través d'un USB i les consignes de control es transmeten a través d'un software de l'ordinador.
- De baix nivell: Són drivers que requereixen d'un microcontrolador. En funció de la senyal electrònica que se li doni a l'entrada, el driver efectuarà una tasca o un altre al motor.

Els drivers també tenen la capacitat d'incrementar la resolució del motor, arribant a fraccionar els passos fins a 16 vegades. Això s'aconsegueix a partir de senyals d'alimentació sinusoidals. En la següent imatge es pot observar una senyal d'entrada a pas complet en DC (a dalt) i una senyal d'entrada a pas fraccionat en AC (a baix). En aquest cas hi ha dues senyals d'alimentació,

corresponents a les dues bobines que hi ha en els motors bipolars.
 Cal tenir en compte el tipus de motor pas a pas a l'hora d'escollir el driver, ja que n'hi ha que son compatibles únicament amb motors unipolars o bipolars.



Il·lustració 21: Senyals d'alimentació d'un driver per a un motor pas a pas (<http://www.dima3d.com/motores-paso-a-paso-en-impresion-3d-i-nociones-basicas-2/>)

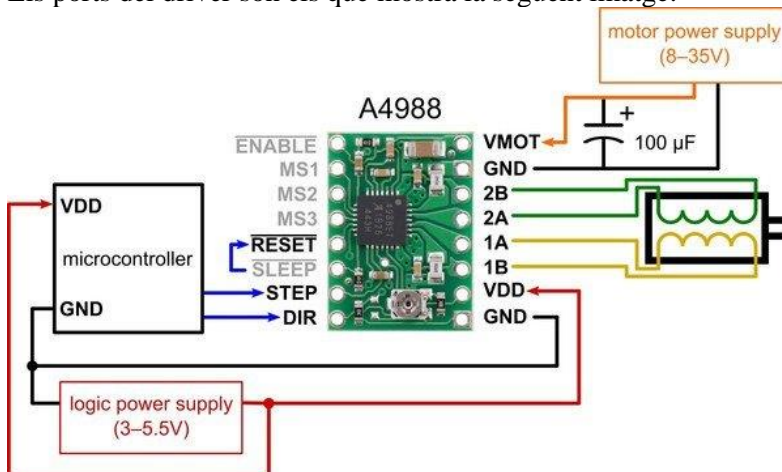
És molt important tenir en compte la capacitat màxima de corrent que el driver és capaç de donar; si com a mínim el driver no pot subministrar un corrent igual al corrent nominal del motor, s'estarà desaprofitant part del parell que el motor podrà oferir a altes velocitats. En altres paraules, el corrent màxim que el driver és capaç de subministrar ha de ser igual o superior al corrent nominal del motor. El Motor pas a pas que s'ha escollit té una intensitat nominal d'1,7A. Aquesta serà la intensitat de sortida que ha de suportar el driver.

Tenint aquests criteris en consideració, s'ha escollit el driver basat en el circuit integrat A4988. Consta de dos ponts en H, un per a cada pol del motor pas a pas. És per això que si volem trobar la millor opció a l'hora d'escollir un driver, és important tenir en compte si el motor és bipolar o unipolar, així com la seva intensitat nominal.

També disposa d'un potenciòmetre per a regular la intensitat de sortida. D'aquesta manera es pot adequar la intensitat de sortida a la intensitat nominal del motor i evitar que li entrin més amperes dels necessaris i es pugui fer malbé.

Gràcies a aquest driver només calen dues senyals per tal de controlar cada motor pas a pas. Una per la direcció, i un altre per indicar el moment en el que avançarà un pas o un micro-pas.

Els ports del driver són els que mostra la següent imatge:



Il·lustració 22: Ports i connexions del driver A4988 (<https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/descripcion-del-driver-a4988>)

ENABLE: Habilita o deshabilita el pas dels senyals de sortida del driver. Si rep un zero lògic, romandran habilitades. Si rep un u lògic, romandran bloquejades.

STEP: La transició d'es d'un zero lògic a un u lògic farà avançar al motor un pas o un micro-pas.

MS1,MS2,MS3: Determinen el grau de micro-passos que farà el motor en cada senyal de "step". El driver A4988 té la capacitat de fraccionar un pas des d'un fins a 16 micro-passos. En la següent taula es pot observar la configuració de micro-passos en funció de les entrades MS1, MS2 i MS3:

Table 1: Microstepping Resolution Truth Table

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution	Excitation Mode
L	L	L	Full Step	2 Phase
H	L	L	Half Step	1-2 Phase
L	H	L	Quarter Step	W1-2 Phase
H	H	L	Eighth Step	2W1-2 Phase
H	H	H	Sixteenth Step	4W1-2 Phase

Il·lustració 23: Taula de la veritat de la configuració dels micro-passos del driver A4988 ("A4988 DMOS Microstepping Driver with Translator", 2009-2014, Allegro MicroSystems, LLC)

- **RESET**: L'entrada RESET\ estableix el driver a un estat inicial predefinit i desactiva totes les sortides dels transistors (les entrades dels motors). Totes les entrades del port STEP s'ignoren fins que l'entrada RESET\ es defineix com a alta.
- **SLEEP**: Aquest pin s'utilitza per estalviar energia. Els motors pas a pas consumeixen energia fins i tot quan no estan en moviment. És per això que si s'activa el senyal SLEEP\ amb un senyal baix, es deshabiliten gran part dels circuits interns, incloses les sortides dels transistors (entrades del motor) o el regulador de corrent entre d'altres.
- **DIR**: Determina la direcció que tindrà el motor. Un nivell alt serà una direcció, mentre que un nivell baix serà un altre. Si es canvia la direcció del motor a través del senyal dir, l'eix no canviarà de gir fins al següent canvi de zero lògic a u lògic que hi hagi en el senyal STEP.
- **VMOT**: També es defineix per Vbb. És el voltatge d'alimentació que necessitarà el motor, ha de tenir una entrada com a mínim de 8V i de 35V com a màxim.
- **GND**: És la presa a terra del circuit integrat.
- **1A, 1B, 2A, 2B**: Son les respectives connexions a les dues bobines del motor.

Per regular el corrent de sortida que anirà cap al motor caldrà fer ús del potenciómetre integrat al circuit. La diferència de potencial que hi haurà entre la presa a terra i el potenciómetre serà el voltatge de referència.

Per esbrinar quin ha de ser el voltatge de referència que s'haurà d'aplicar s'ha de prendre com a referència la següent fórmula, donada pel "datasheet" del circuit integrat A4988.

$$I_{TripMAX} = V_{REF} / (8 \times R_S)$$

Il·lustració 24: Fórmula per esbrinar el voltatge de referència del driver A4988

- ItripMax: Corrent de sortida desitjat.
- Vref: Voltatge de referència que caldrà ajustar.
- Rs: Resistències que la PCB utilitzarà. En el cas de la PCB escollida, l'Rs és de R100, equivalent a 0.1ohms.

Si el corrent nominal del motor és de 1.5A s'obtindrà la següent fórmula:

	Arduino Uno	Arduino Mega 2560	Arduino Micro
			
Price Points	\$19.99-\$23.00	\$36.61 - \$39.00	\$19.80 - \$24.38
Dimension	2.7 in x 2.1 in	4 in x 2.1 in	0.7 in x 1.9 in
Processor	Atmega328P	ATmega2560	ATmega32U4
Clock Speed	16MHz	16MHz	16MHz
Flash Memory (kB)	32	256	32
EEPROM (kB)	1	4	1
SRAM (kB)	2	8	2.5
Voltage Level	5V	5V	5V
Digital I/O Pins	14	54	20
Digital I/O with PWM Pins	6	15	7
Analog Pins	6	16	12
USB Connectivity	Standard A/B USB	Standard A/B USB	Micro-USB
Shield Compatibility	Yes	Yes	No
Ethernet/Wi-Fi/Bluetooth	No (a Shield/module can enable it)	No (a Shield/module can enable it)	No

Il·lustració 26. Taula comparativa entre els microcontroladors Arduino Uno, Mega i micro (<https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro>)

Per tal d'escollir entre aquests tres microcontroladors es farà un comptatge aproximat de la quantitat de ports d'entrada i sortida digitals que caldrà controlar:

Element	Quantitat	Nº de ports/element	Ports totals
Motors pas a pas NEMA 17	2	2	4
Motors pas a pas Unipolars 28BYJ-48	2 mínim	2	4
Finals de carrera	4	1	4
Sensor rebuda píndoles	1	1	1
Total Sensors			13

Taula 6: Comptatge dels ports d'entrada i sortida necessaris

Els motors pas a pas Unipolars estan destinats a l'ajustament del distribuïdor a la mida de les píndoles. Per cada dipòsit ha d'haver dos motors pas a pas. Si el que es desitja és aplicar els coneixements bàsics, pot haver només un dipòsit, per tant, 13 pins d'entrada i de sortida, i com a conseqüència, escollir l'Arduino Uno. Però si es busca poder donar al prototip una aplicació pràctica, és interessant poder donar-li certa escalabilitat i d'aquesta manera poder afegir més d'un dipòsit.

La diferència de preu entre l'Arduino UNO i l'Arduino Mega per la marca oficial és d'aproximadament 20€. Però d'un altre banda, la diferència de preu en la marca ELEGOO entre l'equivalent a l'Arduino Uno i l'Arduino MEGA és de 4€. Més enllà del preu, no hi ha gaire diferència entre la marca ELEGOO i la marca Arduino, així que s'optarà per la marca ELEGOO.

Tenint això en compte, s'escollirà el microcontrolador ELEGOO MEGA 2560, amb un preu de 13.99€.

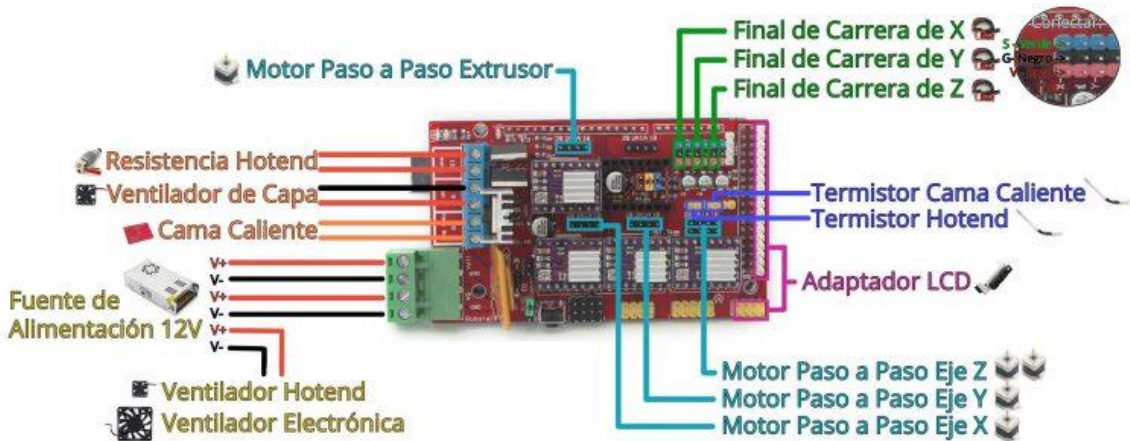
3.1.3.4 Shield:

Un shield és un circuit imprès que s'acobla sobre el microcontrolador per tal de facilitar les connexions dels perifèrics o bé afegir-hi més prestacions al microcontrolador.

En el cas del prototip, s'utilitzarà un shield destinat a l'aplicació d'una impressora 3D, ja que en definitiva, el prototip té una funcionalitat força semblant a la d'una impressora 3D, en excepció de l'extrusor i la mobilitat de l'eix Z al robot cartesià. D'aquesta manera, amb el shield acoblat al

microcontrolador, només caldrà realitzar les connexions a la placa, sense necessitat de protoboard o de soldar cables.

El shield que s'escollirà és la RAMP 1.4. A continuació es podrà observar la seva imatge amb les indicacions gràfiques dels seus connectors:



Il·lustració 27: Descripció gràfica dels connectors de la Shield Ramp 1.4(<https://www.prometec.net/ramps-14/>)

Aquest shield ens permet controlar fins a 6 motors pas a pas bipolars, 5 d'ells de manera independent, ja que per a l'eix Z, n'hi ha dos motors que van sincronitzats. La placa també té connexions per als finals de carrera, per a la alimentació de 12V, per a ventiladors, servomotors, LCD...

De moment caldrà centrar-se en la correspondència dels pins del microcontrolador amb els pins de la RAMP 1.4, ja que serà necessari a l'hora de crear el programa.

D'aquesta placa no s'utilitzaran tots els ports. Per exemple, no s'utilitzaran els ports corresponents als termistors, ni tampoc els ports de les resistències ni del llit calent, ja que son elements que corresponen a una impressora 3D. Tot i així, es poden fer servir com a ports auxiliars.

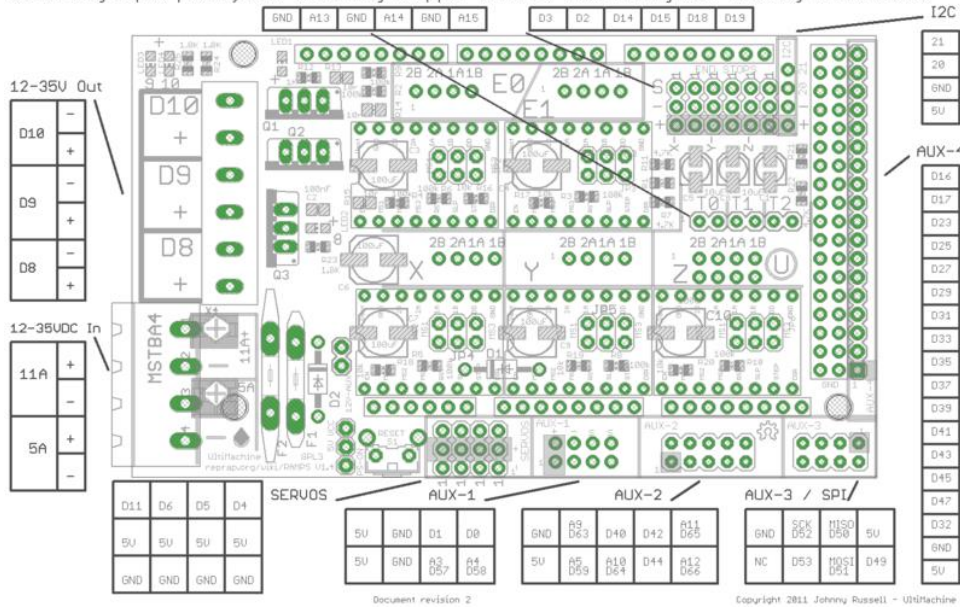
Encara que hi hagi elements que no s'utilitzin, o s'utilitzin d'una manera diferent a la que està destinada, per tal de realitzar aquesta primera part del projecte, sí que s'utilitzaran els connectors corresponents als motors pas a pas bipolars (de l'eix X i de l'eix Y), així com quatre finals de carrera (dos per a cada eix), o els ventiladors (per refrigerar els drivers).

Més endavant, en la segona part del projecte, s'utilitzaran més ports de la shield.

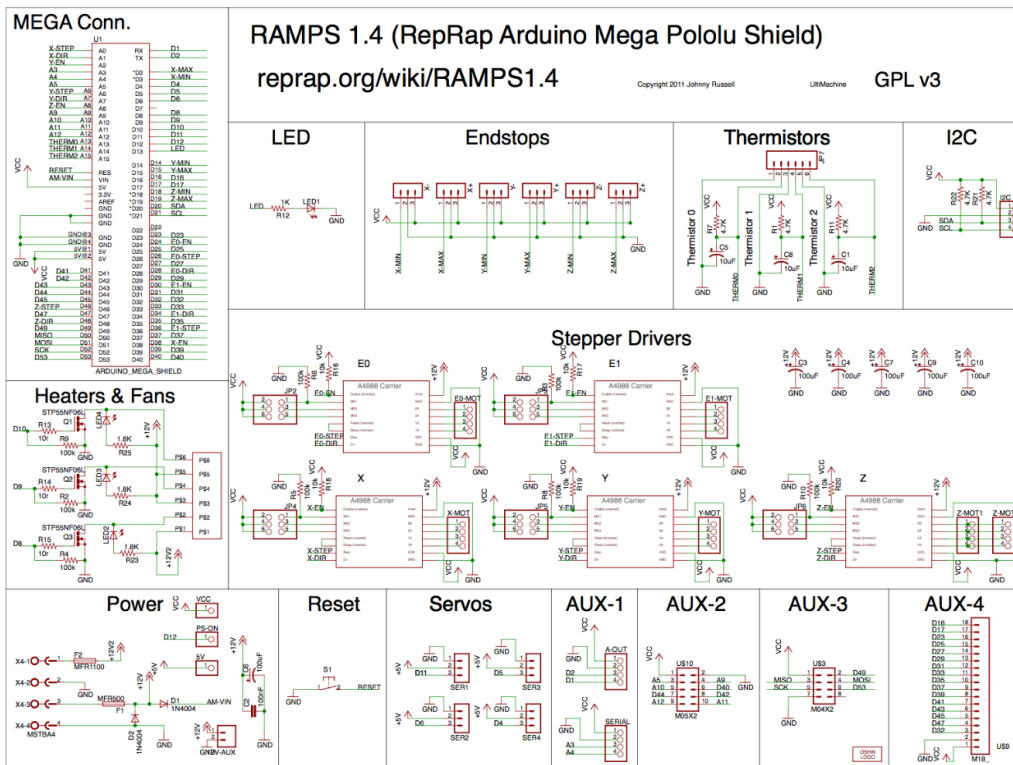
En relació amb la correspondència dels ports de la shield respecte els ports del microcontrolador, és important saber quin numero de port del microcontrolador està destinat a cada pin de la shield, ja que s'hauran d'assignar al començament del programa.

A continuació es mostraran dues imatges que indicaran les connexions de la shield Ramps 1.4 amb els pins del microcontrolador.

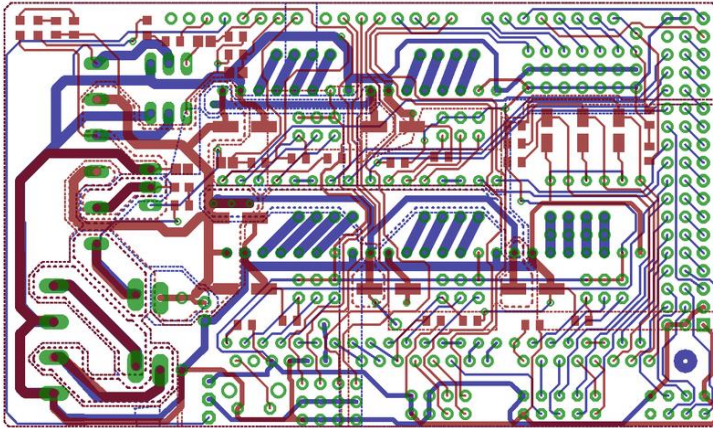
Reversing input power, and inserting stepper drivers incorrectly will destroy electronics.



Il·lustració 28: Connexions Ramp 1.4 (https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)



Il·lustració 29: Esquema connexions Ramps 1.4 (https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)



Il·lustració 30: Connexions PLC Ramps 1.4 (https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4)

A continuació es mostrarà el codi que recomana el web oficial per a declarar els ports.

```
// For RAMPS 1.4
#define X_STEP_PIN      54
#define X_DIR_PIN      55
#define X_ENABLE_PIN   38
#define X_MIN_PIN      3
#define X_MAX_PIN      -1 //PIN 2 is used

#define Y_STEP_PIN     60
#define Y_DIR_PIN     61
#define Y_ENABLE_PIN   56
#define Y_MIN_PIN     14
#define Y_MAX_PIN     -1 //PIN 15 is used

#define Z_STEP_PIN     46
#define Z_DIR_PIN     48
#define Z_ENABLE_PIN   62
#define Z_MIN_PIN     18
#define Z_MAX_PIN     -1 //PIN 19 is used

//extruder 1
#define E0_STEP_PIN    26
#define E0_DIR_PIN     28
#define E0_ENABLE_PIN  24

//extruder 2
#define E1_STEP_PIN    36
#define E1_DIR_PIN     34
#define E1_ENABLE_PIN  30

#define SDPOWER        -1
```

```

//ChipSelect, Hardware SS Pin on Mega, 10 for Arduino Boards, always
kept as output
#define SDCS_PIN          53
#define SD_DETECT_PIN    -1 //currently not implemented

#define LED_PIN          13

#define FAN_PIN          9

#define PS_ON_PIN        12//ATX , awake=LOW, SLEEP=High
#define KILL_PIN         -1

#define HEATER_0_PIN    10 // Extruder Heater
#define HEATER_1_PIN    8

#define TEMP_0_PIN      13 // ANALOG NUMBERING
#define TEMP_1_PIN      14 // ANALOG NUMBERING

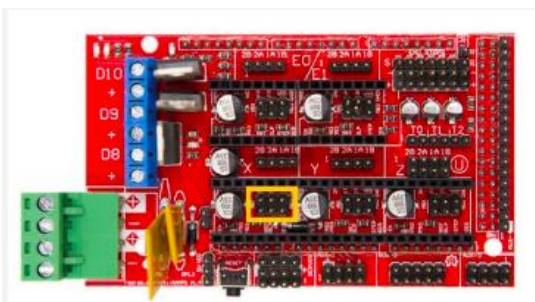
```

Els ports d'entrada analògica es poden fer servir com a ports de sortida digital. És per això que tot i que el microcontrolador tingui com a màxim 53 ports de sortida digital, acabin declarant-se més.

Abans de connectar els divers a la RAMPS, cal revisar els punts dels ports pertinents als MS1, MS2 i MS3. Per tal de seleccionar si volem que el motor es mogui a pas complet, a mig pas, a un quart de pas, a una vuitena part de pas o a una setzena part de pas. La taula de la veritat pels punts és la següent:

A4988	MS1 Jumper	MS2 Jumper	MS3 Jumper
Single Step	0	0	0
1/2 Step	1	0	0
1/4 Step	0	1	0
1/8 Step	1	1	0
1/16 Step	1	1	1

Il·lustració 31: Taula de la veritat punts RAMPS, selecció de micropassos (<https://www.prometec.net/ramps-14/>)



Il·lustració 32: Pins de selecció de mode de pas (<https://www.prometec.net/ramps-14/>)

En aquest projecte s'utilitzarà el pas sencer, així que no caldrà realitzar cap mena de pont. Es recorda que un cop connectat el driver, cal configurar la Vref. Per fer-ho, es connecta el microcontrolador a l'ordinador, sense font de voltatge etern i sense cap motor connectat, i amb ajuda d'un tornavís, es gira el potenciòmetre del driver. El multímetre ha d'estar connectat al tornavís per una banda i a terra per un altre per poder veure en tot moment el valor de Vref.

3.1.3.5 Finals de carrera:

Un final de carrera és un petit dispositiu mecànic (en el cas del prototip, situat a cadascun dels extrems de cada eix). És una eina que permet saber quin és el punt zero del moviment de cada eix i poder moure's en un punt de coordenades sobre un pla.

Presenten tres cables de connexió: Neutre, normalment obert i normalment tancat. Consten d'un interruptor que al ser activat deixa anar un senyal electrònic que pugui ser interpretat pel microcontrolador.



Il·lustració 33: Final de carrera (<http://deimpresoras3d.com/finales-de-carrera-de-impresoras-3d/>)

3.1.3.6 Eixos òptics

Son els eixos sobre els que es mourà la plataforma, tenen 8mm de diàmetre i 40mm de llargada.

El material amb el que estan fabricats és l'acer.

S'escolliran dos per a cada eix.



Il·lustració 34: Eix òptic d'acer (https://www.amazon.es/gp/product/B07MV83GXB/ref=ox_sc_act_title_6?smid=A377Z8NE9XHCBB&psc=1)

3.1.3.7 Bloc de rodament lineal

És un bloc que haurà de lliscar sobre els eixos lineal. Presenten unes boles que redueixen el fregament i permeten un bon moviment sobre l'eix. Calen dos blocs per a cada eix lineal.



Il·lustració 35: Bloc de rodament lineal (https://www.amazon.es/gp/product/B091Y4OZ7L/ref=ox_sc_act_title_8?smid=A3VAC2KFJMMUMK&psc=1)

3.1.3.8 Corretja i engranatges

La corretja s'encarregarà de transmetre el moviment dels motors a cada element mòbil del robot cartesià. És per això que es compra conjuntament amb diversos engranatges.

La corretja és de 5m, amb una amplada de 6mm. El conjunt va juntament amb quatre engranatges destinats als eixos dels motors, i quatre engranatges simples. Els engranatges destinats als eixos dels motors poden fer-se servir com a engranatges simples (sempre que es tinguin en compte les mides). També disposa de dos superfícies de subjecció de la corretja i quatre ganxos per tensar la corretja.



Il·lustració 36: Corretja i engranatges (https://www.amazon.es/dp/B094DGSN1R/ref=sspa_dk_detail_0?psc=1&pd_rd_i=B094DGSN1R&pf_rd_p=444f018a-62d7-48b2-a88a-cea784dc658f&pd_rd_wg=18hWT&pf_rd_r=39Y09RAQB6FKD4GYAZNV&pd_rd_w=ybO7G&pd_rd_r=275e33e9-568e-4927-8db8-3b3011b443b5&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhb)

3.1.3.9 Cargols i rosques

Es prendran els cargols en la norma mètrica. La forma indicada per esmenar les especificacions dels cargols és la següent:

M "diàmetre del forat" x "pas" x "longitud del plançó"

Per exemple, la següent nomenclatura:

$M3 \times 0.5 \times 10$

Descriu un cargol de 3mm de diàmetre, 0.5mm de pas i 10mm de llargada del plançó.

Caldran doncs:

- Cargols M3x20 (x4)
- Cargols M5x10 (x6)
- Rosques M3 (x8)

- Rosques M5 (x6)
- Volanderes M3 (x4)

3.1.3.10 Transformador:

El transformador per a la RAMPS ha de ser de 12V, amb capacitat per subministrar 5 A o superior. Es pot comprar per 13,99€ al següent web:

https://www.amazon.es/LEDMO-Transformador-5A-AC100-240V-12V/dp/B07YWSDK87/ref=sr_1_1_sspa?adgrpid=61627893252&dchild=1&gclid=CjwKCAjwmqKJBhAWEiwAMvGt6Nf374BVK10RFUvif78Pc8qxuhHMjh9CtN8cyeSlofcm-1ffH3moIBoCYMoQAvD_BwE&hvadid=275362082590&hvdev=c&hvlocphy=1005434&hvnetw=g&hvqmt=e&hvrnd=7450546817463395854&hvtargid=kwd-298366854384&hydadcr=11833_1842822&keywords=transformador+12v+5a&qid=1630086049&sr=8-1-spons&psc=1&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUFFUEFaTVlPU0JMT0ImZW5jcnlwdGVkSWQ9QTA0NDc4MzYzVTQ3RzlpNE1aMVgzJmVuY3J5cHRlZEFkSWQ9QTEwMzMzMyNDkyUkRKRExRWkpNEhFJndpZGdlde5hbWU9c3BfYXRmJmFjdGlvbj1jbGlja1JlZGlyZWNOJmRvTm90TG9nQ2xpY2s9dHJlZQ==

Tot i això, s'aprofitarà una font d'alimentació que ja es té en possessió.

3.1.3.11 Taulell de fusta

El taulell de fusta serà el suport de tots els elements del prototip. Es pot trobar un taulell de fusta de 120x60x1 de contraxapat per 11.99€ al Leroy Merlin. En el següent web es pot trobar aquesta oferta:

<https://www.leroymerlin.es/fp/11034261/tablero-de-contrachapado-crudo-60x120x1-cm-anchoxaltoxgrosor>

De totes maneres, per estalviar costos, s'ha reciclat un taulell de fusta d'aproximadament les mateixes proporcions d'un moble que estava per llençar.

3.1.3.12 Elements imprimibles

Es dissenyaran 7 peces amb el programa SolidWorks, que s'imprimiran en 3D. Aquestes peces seran les següents:

- Tensor Barra (Esquerra i dreta): S'encarregarà de generar tensió a les corretges, es situa entre el core 2 i la tapa del core.
- Core: És la peça central, la plataforma que es mourà en els dos eixos, estarà connectada amb dos dels quatre eixos òptics, i és mourà gràcies a la transmissió de les corretges que la subjectaran.
- Core 2: Anirà just a sobre del core, s'encarrega de fer de guia per als tensors, subjecta les corretges i serveix com a superfície per a la tapa.
- Tapa core: Forma part de la segona guia dels tensors. També presenta la figura que subjectarà el blíster o el pastiller.
- Suport eix 'X' (Esquerra i dreta): N'hi haurà dos; un per a cadascun dels eixos òtics de l'eix 'X'. També subjectarà els eixos òptics de l'eix 'Y'. Cadascun presentarà dos engranatges de transmissió.
- Suport motor (Esquerra i dreta): N'hi haurà dos, un per a cada costat. Cadascun d'ells serà la simetria de l'altre. Subjecten el motor i les barres de l'eix 'X'.
- Suport barra engranatge (Esquerra i dreta): Subjecten les barres de l'eix 'X' i els engranatges de transmissió.

Per tal d'imprimir les peces de la manera més econòmica possible, s'ha adquirit una impressora 3D d'accés. Ja que la impressió 3D a establiments especialitzats es cobra entre 5€ i 8€/hora d'impressió,

més l'IVA, el cost de l'electricitat, el de l'establiment i el de la matèria prima.

S'ha demanat pressupost a diversos establiments i el preu de la impressió de totes les peces oscil·la els 600€. Agafant una impressora 3D d'accés per 120€, i comprant un kilogram de PLA per 17€, es poden imprimir totes les peces i tot i això, sobraria material. El consum de l'electricitat és difícil de comptabilitzar, però representa aproximadament entre el 10% i el 25% del cost del plàstic emprat en cada impressió.

Aquesta estratègia obliga a aprendre a fer anar una impressora 3D i a conèixer quins són els materials més assenyats pel nostre cas.

La impressora que s'ha adquirit és la CREALITY ENDER 3, el preu al mercat oscil·la entre els 130€ i els 180€.

En el cas present, s'ha optat per comprar una ENDER 3 de segona mà per 120€, amb un extrusor i una ultrabase millors a les que hi ha de sèrie.



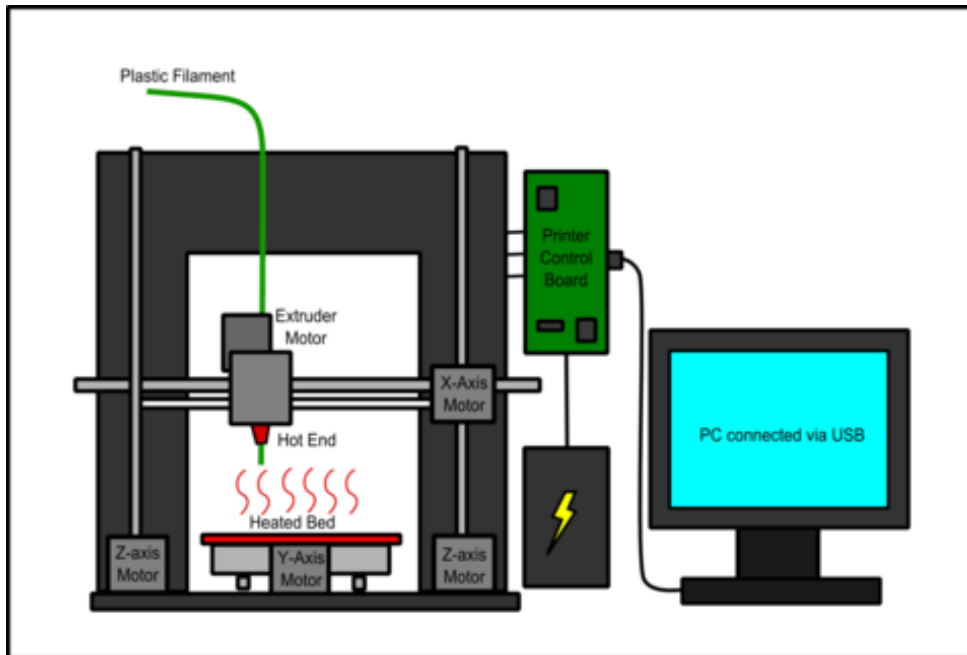
Il·lustració 37: CREALITY ENDER 3 (https://www.banggood.com/es/Creality-3D-Ender-3-3D-Printer-220x220x250mm-Printing-Size-With-Power-Resume-Function-or-V-Slot-with-POM-Wheel-or-1-75mm-0-4mm-Nozzle-p-1278399.html?utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc_organic&gmcCoun)

La impressora CREALITY ENDER 3 utilitza la tecnologia de deposició de material fos (FDM) o (FFF). Aquesta tecnologia es basa en la deposició per sobre de la temperatura de fusió d'un polímer, capa per capa, sobre una superfície plana.

Consta de diversos elements:

1. **Filament:** És la matèria prima que s'utilitza per realitzar la impressió. És un polímer en forma de filament que es distribueix amb ajuda de l'extrusor.
2. **Extrusor:** És l'element que s'encarrega d'empènyer el filament per a la seva deposició.
3. **"Heater":** És una resistència que escalfa el polímer per a que pugui fondre. Es situa just abans de la boca de sortida del polímer.
4. **Llit o base calefactable:** És una superfície plana, capaç d'escalfar-se (no tant com el "heater"). Subjecta la base a on es diposita el filament. La raó per la que s'ha d'escalfar és perquè d'aquesta manera, el polímer queda més adherit a la base. Si hi hagués una mala adherència entre la figura impresa i la base, es desprendria, es mouria i la impressió no es podria realitzar correctament.
5. **Motors dels eixos X, Y i Z:** Normalment es tracten de motors pas a pas, que mouen la base o la boca de deposició per tal de poder-se moure dins dels tres eixos i així formar una figura tridimensional.
6. **Controladora:** És la unitat de control que coordina tots els actuadors en funció de les ordres d'impressió.
7. **Base:** És la superfície que hi ha a sobre del llit calefactable, es recomana que sigui el més

porosa possible per a oferir la millor adherència possible entre la base i la figura. En el cas d'aquest treball, s'utilitzarà una ultrabase de cristall, que presenta una porositat major en comparació amb la base que hi ha per defecte a la impressora CLEALITY ENDER 3.



Il·lustració 38: Elements d'una impressora 3D de tecnologia FDM (<https://www.impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/>)

Un cop s'ha dissenyat la figura amb el programari pertinent, s'ha de guardar com arxiu STL. Després de guardar l'arxiu com a STL, caldrà un altre programa per tal de realitzar el nexa entre l'arxiu STL i les coordenades que necessita la impressora per a imprimir. En aquest programa s'importa l'arxiu i es configuren els paràmetres desitjats durant la impressió. En el cas d'aquest treball, s'ha emprat el programa Ultimaker Cura. A continuació no s'esmenaran tots els paràmetres d'impressió que cal tenir en compte. Però sí que es comentaran alguns dels més importants:

1. **Velocitat d'impressió a la primera capa:** A més lenta, menys risc hi ha de que la figura es desprengui del suport.
2. **Velocitat d'impressió a les capes superiors:** Es recomana que sigui superior a la velocitat d'impressió de la primera capa, ja que aquesta ja s'ha solidificat i ja presenta més adherència amb la base.
3. **Tipus de filament emprat:** PLA, PET, ABS... N'hi ha de diverses tipologies i cadascuna presenta diferents característiques.
4. **Tipus de base, si escau:** Ajuda a millorar l'adherència entre la base i la figura.
5. **Percentatge de farciment de la figura:** Es recomana entre un 15% i un 25% per tal d'estalviar filament.
6. **Tipus de suports:** Són necessaris en alguns casos. La impressora no és capaç d'imprimir a l'aire i calen suports per tal de que el filament no caigui i es subjecti correctament. Així que serà necessari quan hi hagi ponts i alts angles d'inclinació.
7. **Distància vertical i horitzontal entre la figura i els suports:** Determinarà com de fàcil serà la extracció dels suports. S'ha de moderar, perquè sinó no podran fer correctament la seva funció de subjectar la figura i oferir una superfície de disposició.
8. **Farciment dels suports:** Es recomana que sigui un percentatge inferior al de la figura per estalviar filament i oferir millor facilitat en la extracció dels suports.
9. **Gruix de les parets.** A més gruixudes, més sòlida serà la figura, però trigarà més en imprimir-se i s'utilitzarà més filament.
10. **Gruix de cada capa:** A més gruixuda cada capa, més ràpida serà la impressió, però tindrà menys resolució i es notaran més les capes, per tant, la figura quedarà menys polida.

Un cop importat l'arxiu STL i escollits els paràmetres d'impressió, cal guardar l'arxiu resultant en una targeta micro SD i connectar-la a la impressora 3D. A partir d'aquest punt, s'encén la impressora i amb la interfície s'escull l'arxiu de la SD que es desitja imprimir.

Tot i això, és de vital importància anivellar correctament la base, ja que de no ser així pot succeir un fenomen molt comú anomenat "warping" que es basa en el despreniment parcial o total entre la figura i la base. També esdevé a causa del coeficient de dilatació tèrmica del material.

Per anivellar correctament la base de la impressora, cal posar en "homing" la impressora (indicar a la impressora que mogui la boca de deposició al punt zero dels tres eixos). Seguidament, s'agafa un paper i es posa entre la boca de deposició i la base. Es mouen els engranatges que puguen i baixen la base fins que el paper fregui però pugui moure's. Seguidament, es desactiven els motors i es repeteix aquest procés en les tres cantonades de la placa.

Un cop realitzats tots aquests passos es poden començar a imprimir les peces dissenyades.

El material escollit per a la impressió de les figures és el PLA. És un dels materials més utilitzats en la impressió 3D. Ofereix una bona resistència, és biodegradable (ja que prové del blat de moro), és dels més barats (18€/Kg aproximadament) i presenta un baix coeficient de contracció tèrmica. Els contres d'aquest material és que no és dels més resistents, comença a deformar-se a partir dels 60°, i no és compatible ni amb la humitat ni amb l'aigua.

És possible que després de la impressió, sigui necessari utilitzar una llima per acabar de trobar la mida exacta, sobretot quan calen toleràncies baixes. Fins i tot, per tal de fer encaixar correctament els cargols, és possible que sigui necessari fer ús del trepant.

3.1.4 Milliores a tenir en compte

Un cop finalitzat l'acoblament de totes les peces, s'ha pogut observar diferents errors que es recomana corregir, però que no impossibiliten el correcte funcionament del prototip.

Els errors són els següents:

- **Tensor Barra (Esquerra i dreta):** Ha sigut necessari ajustar l'amplada de les guies amb una llima, ja que era massa ample.
- **Core:** Cal generar forats a les entrades dels cargols per a que el cap dels cargols estiguin alineats amb la superfície del core i d'aquesta manera no puguin sobresortir.
- **Core 2:** Cal que els forats dels cargols estiguin més a l'interior de la peça, ja que queda poc espai entre el cargol i el final de la peça.
- **Tapa core:** Cal que els forats dels cargols estiguin més a l'interior de la peça, ja que queda poc espai entre el cargol i el final de la peça.
- **Suport eix 'X' (Esquerra i dreta):** La silueta dels blocs de rodament lineal ha de ser més gran. Ha sigut necessari escalfar la peça al forn i fer-la encaixar per a que pogués entrar.
- **Suport motor (Esquerra i dreta) i suport barra engranatge (Esquerra i dreta):** Cal separar uns mil·límetres el suport de la barra amb el suport del motor o l'engranatge per a que la corretja no fregui amb els engranatges del suport de l'eix 'X'. És a dir, mirant el prototip en un pla de perfil, els engranatges del suport de l'eix 'X' han de situar-se just al costat dels engranatges del suport del motor i dels engranatges del suport de la barra i l'engranatge.
- **Conjunt:** S'han observat complicacions amb els forats generats pels cargols, ja que, per exemple, tot i que s'indiqués al SolidWorks que el forat fos per a un cargol de mètrica 3, el forat un cop imprès acaba sent una mica més petit que el mateix cargol, així que cal acomodar el forat fent força cargolant el mateix cargol, o bé fent ús del trepant. També cal esmentar un error amb el moviment horitzontal de la plataforma. Hi ha un joc de moviment diagonal que ocasionalment impossibilita el correcte moviment del robot. Aquest problema es solucionaria eliminant aquest joc de moviment diagonal.

3.2 Dispensador de píndoles

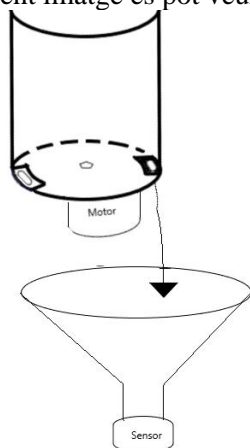
3.2.1 Descripció

La segona part del prototip serà el dispensador de píndoles. S'encarregarà d'emmagatzemar les píndoles i distribuir-les d'una en una.

La manera per fer-ho serà la següent: Constarà d'un dipòsit cilíndric, un per cada tipus de píndola. Sota aquest dipòsit, hi haurà una plataforma, que serà girada per un motor, serà la que s'encarregui d'agafar una píndola i treure-la fora del dipòsit. Tots els dipòsits estaran connectats per una única sortida, a on haurà de caure la píndola. Just a sota d'aquesta sortida estarà el requadre del blíster o pastiller a on l'usuari haurà desitjat depositar la píndola.

Per detectar si ha caigut una píndola, s'utilitzarà un sensor connectat al microcontrolador. Situat just a la boca de l'embut per on haurà de passar la píndola.

En la següent imatge es pot veure de forma més clara el funcionament del dispensador:



Il·lustració 39: Funcionament dosificador

3.2.2 Materials

3.2.2.1 Motor 28BYJ-48

Aquest és el motor que s'encarregarà de moure la plataforma del dipòsit.

Tipus de motor	Pas a pas, Unipolar
Connexió de cables	5: 4 fases i 1 comú
Voltatge nominal	5V
Freqüència	100Hz
Corrent nominal	200 mA
Potència màxima	20W
R de cada debanat	70 ohm
Angle per pas	5,625°
Parell motor	0.3 Kgr/cm
Preu (amb controlador)/unitat	3€

Taula 7: Característiques del motor 28BYJ-48

El web de compra és el següent: https://www.amazon.es/ELEGOO-28BYJ-48-ULN2003-Conductor-Arduino/dp/B06XRGZ9GR/ref=sr_1_1_sspa?_mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=28BYJ-48&qid=1630079771&sr=8-1-spons&psc=1&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEzQThWOUEwVlJWQVM5JmVuY3J5cHRlZElkPUEwMDk2NTQwMUE5MVRWWEJOUUdDNyZlbnNyeXB0ZW50ZWRBZElkPUEwMDE3OTkyMkE5S3RTRTNBS1JPUSZ3aWRnZXROYWw1IPXNwX2F0ZiZhY3Rpb249Y2xpY2tSZWRpcmVjdCZkb05vdExvZ0NsaWNRpXRydWU=



Il·lustració 40: Motor 28BYJ-48 (<https://naxlampmechatronics.com/motores-pap-steppers/365-motor-pap-28byj-48-5v.html>)

A l'hora de realitzar el programa cal tenir molt en compte la freqüència màxima a la que el motor és capaç de treballar. D'aquesta manera, si la freqüència de funcionament és de 100Hz, es pot dir que entre pas i pas del motor, ha d'haver un espai temporal, com a mínim, de 10ms.

3.2.2.2 Driver ULN2003

Aquest és el driver encarregat de controlar el motor 28BYJ-48. Va en conjunt amb la compra del motor. Disposa de quatre pins de connexió per a cada bobina, que han d'anar al microcontrolador. També disposa de dos pins de connexió d'alimentació.



Il·lustració 41: Driver ULN2003 (<https://www.hwlibre.com/ca/28byj-48/>)

3.2.2.3 Sensor infrarojos

Per detectar la pínola s'utilitzaran un fotoemissor d'infrarojos i un fototransistor. Situats un davant de l'altre. En el cas de que un objecte s'interposi entre el fotoemissor i el fototransistor, el voltatge que emetrà el fototransistor variarà i serà interpretat pel microcontrolador. D'aquesta manera es podrà saber si la pínola ha caigut o no.

A efectes pràctics, el fotoemissor s'ha rescatat d'un comandament a distància espatllat i el fototransistor ja es tenia en possessió. Tot i així, s'ha buscat el cost d'aquests elements:

En el següent web:

<https://es.aliexpress.com/i/32950109432.html>

Es poden comprar deu parells de foto-emissors i fototransistors per 0.63€.

El preu per unitat doncs és de 0.0063€

Tot i així son necessàries una resistència de 220 ohms i una resistència de 10k ohms per a les connexions pertinents.

En el següent web es poden trobar resistències de 10k ohms per 0.01€/unitat:

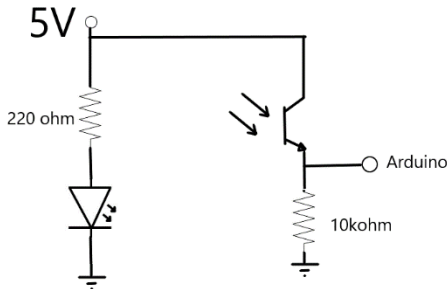
https://www.amazon.es/Dolity-Conjunto-Resistores-Resistencia-resistencia/dp/B07CHLZCN7/ref=sr_1_5?dchild=1&keywords=resistencias+10k&qid=163008147

[0&s=electronics&sr=1-5](#)

Seguidament, en el següent web es poden trobar resistències de 220 ohms per 0.0753€/ unitat:

https://www.amazon.es/POPESQ%C2%AE-Resistencia-Utilizable-Tambien-A2456/dp/B07L2MKDYN/ref=sr_1_7?dchild=1&keywords=resistencia+220&qid=1630081591&sr=8-7

L'esquema electrònic dels sensor és el següent:



Il·lustració 42: Esquema elèctric del sensor IR

3.2.2.4 Elements imprimibles

El dispensador constarà de les peces següents:

Dipòsit: S'encarregarà d'emmagatzemar les píndoles i serà cilíndric.

Plataforma del dipòsit: Girarà gràcies al motor, serà l'encarregada de treure la píndola del dipòsit.

Engranatges d'acoblament: Son dos engranatges que s'acoblen un amb l'altre. Connecten el moviment entre el motor pas a pas i la plataforma rotatòria.

Braç d'escombra: S'encarrega d'assegurar que s'administrarà únicament una píndola.

Base 1: És la plataforma que realitza l'encaix dels dipòsits. Es troba a sobre de la segona base.

Base 2 (Sortida): Pren forma d'embut, en aquesta peça hi haurà el sensor d'infrarojos. Disposarà d'un trípode per a poder recolzar l'estructura sobre una superfície plana.

3.2.3 Milliores a tenir en compte:

Dipòsit: A la base del dipòsit hi ha un espai destinat a l'encaix dels cargols que subjecten el motor. És necessari fer més gran aquest espai per a que puguin cabre els cargols amb les rosques.

Base 2: Els forats destinats a l'encaix dels sensors IR son massa petits. És necessari eixamplar-los. També, els forats que es situen en els requadres destinats als motors pas a pas han de ser mes grans, ja que els seus cables han de passar per allà i els connectors son massa grans.

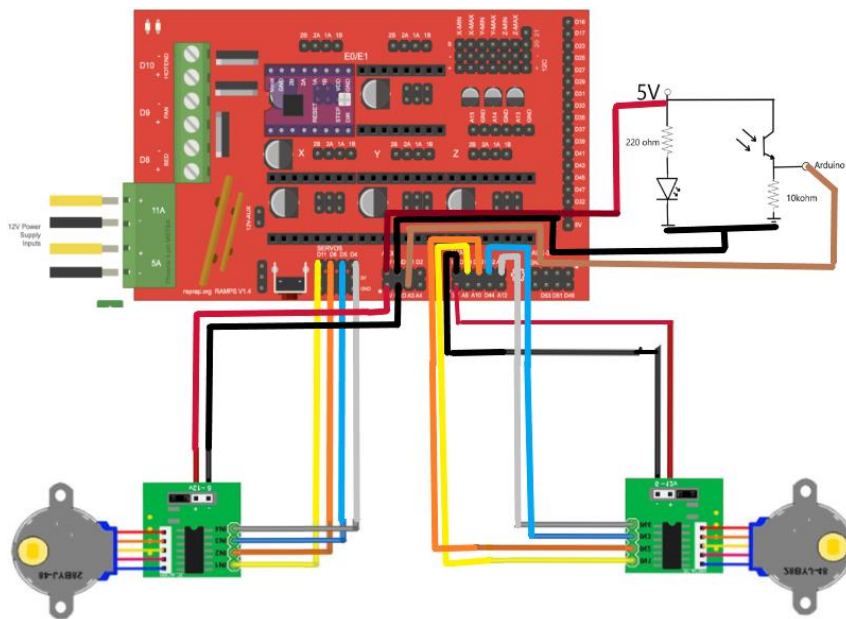
Conjunt: Segons la il·luminació exterior, el sensor infrarojos envia uns valors o uns altres al microcontrolador, i és possible que no funcioni correctament. Aquest error es podria solucionar o bé augmentant la sensibilitat o bé aïllant el sensor de la llum entrant.

3.2.4 Connexions de la shield:

Els components corresponents al dispensador que aniran connectats a la shield son els següents:

- Driver ULN2003 (x2)
- Sensors IR

Els components aniran connectats de la següent forma:



Il·lustració 43: Connexions dels elements del dispensador

3.3 Conjunt

3.3.1 Programa

3.3.1.1 Descripció

El programa disposarà d'una interfície a on l'usuari/ària podrà interactuar amb el prototip a partir del monitor sèrie de l'Arduino. Donarà a escollir les següents opcions:

1. **Veure les píndoles que hi ha als dipòsits:**
El programa mostrarà directament la quantitat de píndoles que hi ha en cada dipòsit i automàticament tornarà al menú HOME.
2. **Inserir píndoles a algun dipòsit:**
El programa preguntarà a l'usuari/ària quantes píndoles voldrà inserir, seguidament es preguntarà el número del dipòsit, i un cop l'usuari/ària hagi donat resposta, es tornarà al menú HOME de manera automàtica.
3. **Inserir píndoles al blíster/pastiller:**
El programa consultarà el número de píndoles que es voldrà afegir a un requadre en concret del blíster. A continuació es consultarà el dipòsit des d'on es vol dipositar les píndoles, i finalment es preguntarà el requadre del blíster/pastiller que es desitja seleccionar, a partir de la fila i la columna. Les files aniran des del número 1 fins al número 7, i les columnes començaran des del número 1 fins al número 4.

3.3.1.2 Mostra del programa

```
1 /*****
2 *****/DECLARACIÓ DE VARIABLES GLOBALES I CONFIGURACIÓ DE PINS*****/
3 *****/
4 // Configuració de pins:
5
6 #define X_STEP_PIN 54 //Pin del senyal de pas del del motor NEMA 17 (X)
7 #define X_DIR_PIN 55 //Pin de direcció del del motor NEMA 17 (X)
8 #define X_ENABLE_PIN 38 //Pin d'activació del del motor NEMA 17 (X)
9 #define X_MIN_PIN 3 //Pin del final de carrera eix x (mínim)
10 #define X_MAX_PIN 2 //Pin del final de carrera eix x(màxim)
11
12 #define Y_STEP_PIN 60 //Pin del senyal de pas del del motor NEMA 17 (y)
13 #define Y_DIR_PIN 61 //Pin de direcció del del motor NEMA 17 (y)
14 #define Y_ENABLE_PIN 56 //Pin d'activació del del motor NEMA 17 (y)
15 #define Y_MIN_PIN 14 //Pin del final de carrera eix y (mínim)
16 #define Y_MAX_PIN 15 //Pin del final de carrera eix y (màxim)
17
18 #define FAN_PIN 9 //Pin del motor de ventilació
19 //Declaració pins motor unipolar 1
20 #define UNI_IN1_1_PIN 11
21 #define UNI_IN2_1_PIN 6
22 #define UNI_IN3_1_PIN 5
23 #define UNI_IN4_1_PIN 4
24 //Declaració pins motor unipolar 2
25 #define UNI_IN1_2_PIN 63
26 #define UNI_IN2_2_PIN 40
27 #define UNI_IN3_2_PIN 42
28 #define UNI_IN4_2_PIN 65
29
30 //Nº de píndoles de cada dipòsit
31 int num_pindoles_1;
32 int num_pindoles_2;
33 // Variable que determina el temps entre pas i pas de cada motor
34 const int demora = 20;
35 // constants que representen el recorregut en mm dels eixos x i y de la plataforma.
36 const float rec_X = 350;
37 const float rec_Y = 360;
38 //Son les variables que indiquen quants mm realitza un pas, en cada eix de la plataforma
39 //(ambdós valors haurien de ser semblants).
40 float mm_pas_x;
41 float mm_pas_y;
42 //posx i posy indiquen la posició actual de la plataforma en cada eix
43 int posx;
44 int posy;
45 // aquesta classe emmagatzema dues coordenades de tipus enter, X i Y.
46 class xyblist {
47 private:
48 public:
49 int x;
50 int y;};
51 //Generem una matriu de 4x7 de tipus xyblist. Aquesta variable global s'encarregarà
52 //d'emmagatzemar les coordenades corresponents per a cada requadre del blister.
53 xyblist matriu [4][7];
54
55
56
```

```

57 /*****
58 Subrutina de pas: genera un pas positiu per als dos motors que mouen la plataforma*****
59 *****/
60 void paso(){
61     //puls al motor X
62     digitalWrite(X_STEP_PIN , HIGH);
63     delay(1);
64     digitalWrite(X_STEP_PIN , LOW);
65     //puls al motor Y
66     digitalWrite(Y_STEP_PIN , HIGH);
67     delay(1);
68     digitalWrite(Y_STEP_PIN , LOW);
69     delay(1);
70 }
71 /*****
72 Subrutina de configuració: Extreu la relació mm/pas i posiciona la plataforma a un punt fix*****
73 *****/
74 void configuracio(){
75     //llegeix l'estat dels finals de carrera.
76     bool XMIN = digitalRead(X_MIN_PIN);
77     bool XMAX = digitalRead(X_MAX_PIN);
78     bool YMIN = digitalRead(Y_MIN_PIN);
79     bool YMAX = digitalRead(Y_MAX_PIN);
80
81     //Declara dues variables de tipus float, que recopilaràn el nº de passos que
82     //s'han realitzat per anar de punta a punta de cada eix
83     float pasos_x = 0;
84     float pasos_y = 0 ;
85
86     /*Moviment eix X endavant */
87     // Determina el sentit de gir dels dos motors per a que la plataforma es mogui
88     //en setit positiu a l'eix X
89     digitalWrite(X_DIR_PIN , HIGH);
90     digitalWrite(Y_DIR_PIN , LOW);
91
92     //Mentres que el final de carrera no estigui activat, ves donant polsos als dos
93     //motors per a que vagin girant.
94     //Quan acabi, espera un segon
95     while (digitalRead(X_MAX_PIN) == true)
96     {paso();}
97     delay(1000);
98
99
100    /*Moviment eix X endarrere */
101    // Determina el sentit de gir dels dos motors per a que la plataforma es mogui en
102    //setit negatiu a l'eix X
103    digitalWrite(X_DIR_PIN , LOW);
104    digitalWrite(Y_DIR_PIN , HIGH);
105
106    //Mentres que el final de carrera no estigui activat, ves donant polsos als dos motors
107    //per a que vagin girant.
108    //Per cada pas que es realitza, suma una unitat a la variable pasos_x, fins que es toqui
109    //el final de carrera.
110    while (digitalRead(X_MIN_PIN) == true)
111    {paso();
112     pasos_x= pasos_x+1;
113    }
114

```

```

115 //Mostra pel monitor sèrie Quants passos s'han realitzat a l'eix X.
116 //Fes el càlcul dels mm / pas dividint el recorregut en mm pel n° de passos realitzats.
117 //Indica que la posició actual de la plataforma a l'eix X és la zero.
118 Serial.print("Passos realitzats a l'eix X ");
119 Serial.println(pasos_x);
120 mm_pas_x = rec_X/pasos_x;
121 Serial.print("mm/pas a l'eix X ");
122 Serial.println(mm_pas_x);
123 posx = 0;
124
125
126 /*Moviment eix Y endavant*/
127 // Determina el sentit de gir dels dos motors per a que la plataforma es mogui en sentit
128 //positiu a l'eix Y
129 digitalWrite(X_DIR_PIN , HIGH);
130 digitalWrite(Y_DIR_PIN , HIGH);
131
132 //Mentres que el final de carrera no estigui activat, ves donant polsos als dos motors
133 //per a que vagin girant.
134 while (digitalRead(Y_MAX_PIN) == true)
135     {paso();}
136 delay(1000);
137
138 /*Moviment eix Y endarrere */
139 // Determina el sentit de gir dels dos motors per a que la plataforma es mogui en sentit
140 //negatiu a l'eix Y
141 digitalWrite(X_DIR_PIN , LOW);
142 digitalWrite(Y_DIR_PIN , LOW);
143
144 //Mentres que el final de carrera no estigui activat, ves donant polsos als dos motors
145 //per a que vagin girant.
146 //Per cada pas que es realitza, suma una unitat a la variable pasos_y, fins que es toqui
147 //el final de carrera.
148 while (digitalRead(Y_MIN_PIN) == true)
149     { paso();
150       pasos_y= pasos_y+1;
151     }
152
153
154 //Mostra pel monitor sèrie Quants passos s'han realitzat a l'eix X.
155 //Fes el càlcul dels mm / pas dividint el recorregut en mm pel n° de passos realitzats.
156 //Indica que la posició actual de la plataforma a l'eix X és la zero.
157 Serial.print("Passos realitzats a l'eix Y ");
158 Serial.println(pasos_y);
159 mm_pas_y = rec_Y/pasos_y;
160 Serial.print("mm/pas a l'eix Y ");
161 Serial.println(mm_pas_y);
162 posy = 0;
163
164
165
166 }
167
168 /*****
169 Subrutina de coordenades: S'encarrega de moure la plataforma a la coordenada indicada*****
170 *****/
171 void coordenades (int x, int y){
172     digitalWrite(X_ENABLE_PIN , LOW);

```

```

173  digitalWrite(Y_ENABLE_PIN , LOW);
174  //Si la consigna de l'eix X és més gran que la posició actual de l'eix X
175  if(x>posx){
176  //Configura els motors per a que vagin cap endavant a l'eix X
177  digitalWrite(X_DIR_PIN , HIGH);
178  digitalWrite(Y_DIR_PIN , LOW);
179  // Els motors van fent passos fins que la posició actual sigui igual a la consigna
180  for(posx; x != posx; posx++){
181  paso();
182  }
183  }
184
185  //Si la consigna de l'eix X és més petita que la posició actual de l'eix X
186  else if(x<posx){
187  //Configura els motors per a que vagin cap endarrere a l'eix X
188  digitalWrite(X_DIR_PIN , LOW);
189  digitalWrite(Y_DIR_PIN , HIGH);
190  // Els motors van fent passos fins que la posició actual sigui igual a la consigna
191  for(posx; x != posx; posx--){
192  paso();
193  }
194  }
195  //Si la consigna de l'eix Y és més gran que la posició actual de l'eix Y
196  if(y>posy){
197  //Configura els motors per a que vagin cap endavant a l'eix Y
198  digitalWrite(X_DIR_PIN , HIGH);
199  digitalWrite(Y_DIR_PIN , HIGH);
200  // Els motors van fent passos fins que la posició actual sigui igual a la consigna
201  for(posy; y != posy; posy++){
202  paso();
203  }
204  }
205
206  //Si la consigna de l'eix Y és més petita que la posició actual de l'eix Y
207  else if(y<posy){
208  //Configura els motors per a que vagin cap endarrere a l'eix Y
209  digitalWrite(X_DIR_PIN , LOW);
210  digitalWrite(Y_DIR_PIN , LOW);
211  // Els motors van fent passos fins que la posició actual sigui igual a la consigna
212  for(posy; y != posy; posy--){
213  paso();
214  }
215  }
216  digitalWrite(X_ENABLE_PIN , HIGH);
217  digitalWrite(Y_ENABLE_PIN , HIGH);
218  }
219
220  /*****
221  Subrutina de posició del blister: S'encarrega de moure la plataforma a cadascun dels *****
222  requadres del blister. *****
223  Per cridar aquesta funció és necessari haver cridat anteriorment a la funció emplenarmatriu.*****
224  posblist(columna, fila) *****
225  *****/
226
227  void posblist(int blistx, int blisty){
228  // crida la funció coordenades i introdueix els valors guardats dins
229  //de la matriu coordenades.
230  coordenades(matriu[blistx][blisty].x, matriu[blistx][blisty].y);

```



```

289 bool pastilladispensada = false;
290 // variable per determinar el valor llindar del sensor per decidir si ha passat la píndola o no
291 int llindar = 990;
292 //En funció del dispensador seleccionat, activar un o l'altre
293 switch(numdisp){
294
295     case 1:
296 // Mentre que no s'hagi dispensat la píndola, no parar de realitzar passos
297 //Mode de pas complet
298 while(pastilladispensada == false){
299     digitalWrite(UNI_IN1_1_PIN, HIGH);
300     digitalWrite(UNI_IN2_1_PIN, LOW);
301     digitalWrite(UNI_IN3_1_PIN, LOW);
302     digitalWrite(UNI_IN4_1_PIN, LOW);
303
304     delay(demora);
305     //Serial.println(analogRead(A3));
306     //Consultar el valor del pin analògic A3, en el cas de que el sensor
307     //hagi detectat una píndola, restar una unitat a la variable que pren
308     //el número de píndoles al dipòsit i sortir del bucle while.
309     //Repetir aquest procés després de cada pas.
310     if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_1--; break;}
311     digitalWrite(UNI_IN1_1_PIN, LOW);
312     digitalWrite(UNI_IN2_1_PIN, HIGH);
313     digitalWrite(UNI_IN3_1_PIN, LOW);
314     digitalWrite(UNI_IN4_1_PIN, LOW);
315     delay(demora);
316     //Serial.println(analogRead(A3));
317     if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_1--; break;}
318     digitalWrite(UNI_IN1_1_PIN, LOW);
319     digitalWrite(UNI_IN2_1_PIN, LOW);
320     digitalWrite(UNI_IN3_1_PIN, HIGH);
321     digitalWrite(UNI_IN4_1_PIN, LOW);
322     delay(demora);
323     //Serial.println(analogRead(A3));
324     if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_1--; break;}
325     digitalWrite(UNI_IN1_1_PIN, LOW);
326     digitalWrite(UNI_IN2_1_PIN, LOW);
327     digitalWrite(UNI_IN3_1_PIN, LOW);
328     digitalWrite(UNI_IN4_1_PIN, HIGH);
329     delay(demora);
330     //Serial.println(analogRead(A3));
331     if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_1--; break;}
332     }
333 //Reiniciar la variable pastilladispensada a false.
334 pastilladispensada = false;
335 break;
336
337 //En el cas d'haver seleccionat el dipòsit 2, realitzar el mateix procés que amb el
338 //dipòsit 1 però amb el motor pas a pas del dipòsit 2 i amb la variable de contacte
339 //de píndoles del dipòsti 2.
340 case 2:
341     while(pastilladispensada == false){
342     digitalWrite(UNI_IN1_2_PIN, HIGH);
343     digitalWrite(UNI_IN2_2_PIN, LOW);
344     digitalWrite(UNI_IN3_2_PIN, LOW);
345     digitalWrite(UNI_IN4_2_PIN, LOW);
346

```

```

347 delay(demora);
348 //Serial.println(analogRead(A3));
349 if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_2--; break;}
350 digitalWrite(UNI_IN1_2_PIN, LOW);
351 digitalWrite(UNI_IN2_2_PIN, HIGH);
352 digitalWrite(UNI_IN3_2_PIN, LOW);
353 digitalWrite(UNI_IN4_2_PIN, LOW);
354 delay(demora);
355 //Serial.println(analogRead(A3));
356 if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_2--; break;}
357 digitalWrite(UNI_IN1_2_PIN, LOW);
358 digitalWrite(UNI_IN2_2_PIN, LOW);
359 digitalWrite(UNI_IN3_2_PIN, HIGH);
360 digitalWrite(UNI_IN4_2_PIN, LOW);
361 delay(demora);
362 //Serial.println(analogRead(A3));
363 if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_2--; break;}
364 digitalWrite(UNI_IN1_2_PIN, LOW);
365 digitalWrite(UNI_IN2_2_PIN, LOW);
366 digitalWrite(UNI_IN3_2_PIN, LOW);
367 digitalWrite(UNI_IN4_2_PIN, HIGH);
368 delay(demora);
369 //Serial.println(analogRead(A3));
370 if(analogRead(A3) <= llindar){ pastilladispensada = true; num_pindoles_2--; break;}
371 }
372 pastilladispensada = false;
373 break;
374 }
375 delay(1000);
376 }
377 }
378 /*****
379 Menu HOME *****
380 Funció del menú principal *****
381 *****/
382 void runHome() {
383 //Mostrar per pantalla les opcions a escollir
384 Serial.println("---HOME---");
385 Serial.println("1. Veure les píndoles que hi ha als dipòsits");
386 Serial.println("2. Inserir píndoles a algun dipòsit");
387 Serial.println("3. Inserir píndoles al blíster/pastiller");
388 Serial.println(" ");
389
390 //variable que s'utilitzarà per comunicar-se amb el monitor sèrie
391 char caracter;
392
393 //bucle infinit, només es pot sortir d'ell amb "break;"
394 while(true) {
395
396 // Es crida a la funció leerCaracter. "caracter" pren el valor que s'hagi enviat
397 //pel monitor sèrie
398 caracter = leerCaracter();
399
400 //En el cas de que s'hagi enviat quelcom pel monitor sèrie, evalua-ho i actua
401 //en conseqüència
402 if (caracter != 0) {
403 switch (caracter) {
404

```

```

405 //Si s'ha enviat un '1', crida la funció veurepíndoles i mostra un missatge
406 //comunicant-ho
407 case '1':
408 Serial.println("Ha seleccionat veure píndoles d'un dipòsit");
409 veurepíndoles();
410 break;
411
412 //Si s'ha enviat un '2', crida la funció inserirpíndolesdipòsit
413 //i mostra un missatge comunicant-ho
414 case '2':
415 Serial.println("Ha seleccionat inserir píndoles a un dipòsit");
416 inserirpíndolesdipòsit();
417 break;
418
419 //Si s'ha enviat un '3', crida la funció inserirpíndolespastiller i mostra
420 //un missatge comunicant-ho
421 case '3':
422 Serial.println("Ha seleccionat inserir píndoles a un blister/pastiller");
423 inserirpíndolespastiller();
424 break;
425
426 //En el cas de que el caràcter estigui en blanc, no facis res
427 case '\n' :
428 break;
429
430 //En el cas de que el caràcter no prengui cap dels valors dins del switch,
431 //mostra un missatge comunicant que el caràcter no és vàlid
432 default:
433 Serial.println("No es comando válido");
434 }
435 }
436 }
437 }
438 /*****
439 Veure píndoles *****
440 Funció que mostra el n° de píndoles que hi ha a cada dipòsit *****
441 *****/
442 void veurepíndoles()
443 {
444 Serial.println(" ");
445 Serial.println("---Veure píndoles---");
446 Serial.print("Dipòsit 1: ");
447 Serial.println(num_píndoles_1); //Mostrar n° de píndoles del dipòsit 1
448 Serial.print("Dipòsit 2: ");
449 Serial.println(num_píndoles_2); //Mostrar n° de píndoles del dipòsit 2
450 //Enviar missatge de l'interfície de HOME
451 Serial.println(" ");
452 Serial.println("---HOME---");
453 Serial.println("1. Veure les píndoles que hi ha als dipòsits");
454 Serial.println("2. Inserir píndoles a algun dipòsit");
455 Serial.println("3. Inserir píndoles al blister/pastiller");
456 Serial.println(" ");
457 }
458
459 /*****
460 Inserir píndoles dipòsit *****
461 Permet a l'usuari afegir píndoles a un dipòsit seleccionat per a poder fer-neun seguiment*****
462 *****/

```

```

463 void inserirpindolesdiposit()
464 {
465     Serial.println("Indiqui la quantitat de píndoles que vol afegir (màxim 9)");
466     //variable que indica el n° de píndoles que es desitja inserir al dipòsit
467     int npindoles;
468     //Bucle infinit amb el que nomé ses pot sortir amb break;
469     while(true)
470     {
471         //npindoles pren el valor que s'insereixi pel monitor sèrie.
472         //Es fa la conversió de "char" a "int"
473         npindoles = String(LeerCaracter()).toInt();
474         //En el cas de que s'hagi inserit un valor pel monitor sèrie, surt del bucle while
475         if(npindoles != 0 and npindoles != '\n')
476         {
477             break;
478         }
479     }
480     Serial.println("Esculli dipòsit");
481     //Variable que indica el dipòsit seleccionat
482     char ndiposit;
483     //Bucle infinit amb el que nomé ses pot sortir amb break;
484     while(true)
485     {
486         //ndiposit pren el valor que s'haig enviat pel monitor sèrie
487         ndiposit = LeerCaracter();
488         //En el cas de que s'hagi inserit un valor pel monitor sèrie i el valor sigui '1' o '2',
489         //surt del bucle while
490         if(ndiposit != 0 and ndiposit != '\n')
491         {
492             if(ndiposit == '1' or ndiposit == '2')
493             {
494                 break;
495             }
496             //En el cas de que no sigui un '1' o un '2', indica que no és vàlid
497             else {Serial.println("Aquest dipòsit no existeix, esculli un altre");}
498         }
499     }
500 }
501 //En funció del dipòsit escollit, suma el n° de píndoles afegides a la variable
502 //que pren el contatge de cada dipòsit.
503 switch(ndiposit)
504 {
505     case '1':
506
507         num_pindoles_1 = num_pindoles_1 + npindoles ;
508         break;
509     case '2':
510         num_pindoles_2 = num_pindoles_2 + npindoles;
511         break;
512 }
513 // Mostra per pantalla la interfície del menú HOME
514     Serial.println("---HOME---");
515     Serial.println("1. Veure les píndoles que hi ha als dipòsits");
516     Serial.println("2. Inserir píndoles a algun dipòsit");
517     Serial.println("3. Inserir píndoles al blíster/pastiller");
518     Serial.println(" ");
519 }
520 /*****

```

```

521 Inserir píndoles pastiller: *****
522 Dona la opció a l'usuari per inserir les píndoles desitjades a un requadre *****
523 del blister/pastiller. *****
524 *****
525 void inserirpindolespastiller()
526 {
527     Serial.println("Indiqui la quantitat de píndoles que vol afegir (màxim 9)");
528     //Variable pel n° de píndoles que es vol inserir al requadre del blister/pastiller
529     int npindoles;
530     //Bucle infinit, només es pot sortir amb break;
531     while(true)
532     {
533         //npindoles pren el valor de tipus enter que s'hagi introduït pel monitor sèrie
534         npindoles = String(lerCaracter()).toInt();
535         //En el cas de que s'hagi introduït un valor pel monitor sèrie, surt del bulce while
536         if(npindoles != 0 and npindoles != '\n')
537         {
538             break;
539         }
540     }
541     Serial.println("Indiqui dipòsit");
542     //Variable pel n° del dipòsit que es vol escollir. D'aquest dipòsit sortiran les píndoles
543     int ndiposit;
544     //Bucle infinit, només es pot sortir amb break;
545     while(true)
546     {
547         //"ndiposit" pren el valor de tipus enter que s'hagi introduït pel monitor sèrie
548         ndiposit = String(lerCaracter()).toInt();
549         //En el cas de que s'hagi introduït un valor pel monitor sèrie, surt del bulce while
550         if(ndiposit != 0 and ndiposit != '\n')
551         {
552             break;
553         }
554     }
555     Serial.println("Esculli fila");
556     //Variable per a la fila del requadre del blister/pastiller que es vol escollir per a
557     //dipositar les píndoles
558     int fila;
559     //Bucle infinit, només es pot sortir amb break;
560     while(true)
561     {
562         //"fila" pren el valor de tipus enter que s'hagi introduït pel monitor sèrie
563         fila = String(lerCaracter()).toInt();
564         //En el cas de que s'hagi introduït un valor pel monitor sèrie, surt del bulce while
565         if(fila != 0 and fila != '\n')
566         {
567             break;
568         }
569     }
570     Serial.println("Esculli columna");
571     //Variable per a la fila del requadre del blister/pastiller que es vol escollir per a
572     //dipositar les píndoles
573     int columna;
574     //Bucle infinit, només es pot sortir amb break;
575     while(true)
576     {
577         //"columna" pren el valor de tipus enter que s'hagi introduït pel monitor sèrie
578         columna = String(lerCaracter()).toInt();

```

```

579 //En el cas de que s'hagi introduït un valor pel monitor sèrie, surt del bucle while
580 if(columna != 0 and columna != '\n')
581 {
582     break;
583 }
584 }
585 //Resta una unitat a fila i columna, ja que prenent com exemple "(columna, fila)",
586 //la posició (0, 0) de la matriu és la (1, 1) per a l'usuari.
587 //Tantmateix, el valor màxim de la matriu és (3, 6), però per a l'usuari és el valor (4, 7).
588 columna = columna - 1;
589 fila = fila -1;
590 //Crida la funció posblist per posicionar el requadre seleccionat del blíster/pastiller just
591 //al punt de referència (allà on ha de caure la píndola)
592 posblist(columna, fila);
593 //Crida la funció dispenser per dipositar les píndoles seleccionades (nº i tipus) al requadre
594 //del blíster/pastiller.
595 dispenser(ndiposit, npindoles);
596 //Mostra per pantalla la interfície del menú HOME
597 Serial.println(" ");
598 Serial.println("---HOME---");
599 Serial.println("1. Veure les píndoles que hi ha als dipòsits");
600 Serial.println("2. Inserir píndoles a algun dipòsit");
601 Serial.println("3. Inserir píndoles al blíster/pastiller");
602 Serial.println(" ");
603 }
604 /*****
605 Llegir caràcter
606 Funció que s'encarrega de llegir i retornar el missatge enviat pel monitor sèrie
607 *****/
608 char leerCaracter()
609 {
610     //Si s'ha enviat quelcom pel monitor sèrie (si s'han rebut dades)
611     if(Serial.available() > 0)
612     {
613         //caracter pren el valor que s'hagi enviat pel monitor sèrie
614         char caracter = Serial.read();
615         //Es retorna el valor que hi hagi en la variable caracter
616         return caracter;
617     }
618     //En el cas de que no s'hagin rebut dades pel monitor sèrie, retorna un zero
619     else
620     {
621         return 0;
622     }
623 }
624 /*****
625 SETUP I LOOP
626 *****/
627 void setup() {
628
629     //Estableix com a sortides els pins de pas, de direcció i d'habilitació dels
630     //motors bipolars (x)
631     pinMode(X_STEP_PIN , OUTPUT);
632     pinMode(X_DIR_PIN , OUTPUT);
633     pinMode(X_ENABLE_PIN , OUTPUT);
634     //Estableix com entrada el final de carrera mínim de l'eix X de la plataforma
635     pinMode(X_MIN_PIN , INPUT);
636     //Habilita el driver (el motor pas a pas) (x)

```

```

637 digitalWrite(X_ENABLE_PIN , LOW);
638
639 //Estableix com a sortides els pins de pas, de direcció i d'habilitació
640 //dels motors bipolars (y)
641 pinMode(Y_STEP_PIN , OUTPUT);
642 pinMode(Y_DIR_PIN , OUTPUT);
643 pinMode(Y_ENABLE_PIN , OUTPUT);
644 //Estableix com entrada el final de carrera mínim de l'eix Y de la plataforma
645 pinMode(Y_MIN_PIN , INPUT);
646 //Habilita el driver (el motor pas a pas) (Y)
647 digitalWrite(Y_ENABLE_PIN , LOW);
648
649 //Declara com a sortida el pin del motor de ventilació
650 pinMode (FAN_PIN, OUTPUT);
651 //Activa el motor de ventilació
652 digitalWrite(FAN_PIN , HIGH);
653
654 //Declara com a sortides els pins de les bobines dels motors pas a pas unipolars
655 pinMode(UNI_IN1_1_PIN , OUTPUT);
656 pinMode(UNI_IN2_1_PIN , OUTPUT);
657 pinMode(UNI_IN3_1_PIN , OUTPUT);
658 pinMode(UNI_IN4_1_PIN , OUTPUT);
659 pinMode(UNI_IN1_2_PIN , OUTPUT);
660 pinMode(UNI_IN2_2_PIN , OUTPUT);
661 pinMode(UNI_IN3_2_PIN , OUTPUT);
662 pinMode(UNI_IN4_2_PIN , OUTPUT);
663
664 // obre el port sèrie, estableix la velocitat de dades a 9600 bps;
665 Serial.begin (9600);
666 //Crida la funció configuració per esbrinar la relació entre els passos i la distància
667 //i posicionar la plataforma a les coordenades (0, 0)
668 configuracio();
669 //Crida la funció emplenarmatriu per tenir la matriu amb les coordenades indicades
670 emplenarmatriu();
671 //Crida la funció runHome per començar a interactuar amb l'usuari partir del monitor sèrie.
672 runHome();
673
674 }
675
676 void loop() {
677
        }

```


4 Resum de resultats

4.1 Conclusions i recomanacions de continuació del treball.

L'objectiu d'aquest projecte era dissenyar i materialitzar un prototip que fos capaç d'emmagatzemar i distribuir automàticament qualsevol classe de píndola als requadres desitjats d'un blíster i d'un pastiller, segons els desitjos de l'usuari.

Aquest objectiu s'ha assolit de manera satisfactòria; s'ha pogut realitzar un prototip que compleix de manera funcional amb aquests requisits.

Per tal d'aconseguir aquest objectiu ha sigut necessari cercar molta informació, referències i estratègies. Així com trobar de manera autònoma i innovadora solucions a problemes concrets. Aquest projecte ha permès aplicar la majoria d'exigències pròpies de l'enginyeria.

Aquest projecte també ha permès l'aprenentatge i l'aprofundiment de diferents branques de l'enginyeria, així com altres branques del món farmacèutic.

En primer lloc, des d'un punt de vista més farmacèutic, l'estudi de les polítiques al voltant del SPD, de les tipologies de píndoles i dels diferents entorns d'aplicació del prototip, han ajudat a tenir una millor concepció sobre la utilitat i el potencial que pot arribar a tenir un element amb les característiques d'aquest prototip. També han permès familiaritzar-se amb l'entorn del sistema personalitzat de dosificació de píndoles (SPD), així com els seus avantatges i els seus inconvenients.

En segon lloc, s'ha après sobre els diferents tipus de robots cartesianes i les diferents estratègies per a la transmissió del moviment dels motors. També s'han aprofundit els coneixements sobre el funcionament i el control de les diferents classes de motors pas a pas, així com el funcionament dels seus controladors.

En tercer lloc, s'han aprofundit especialment els coneixements i la pràctica en el disseny en 3D amb el programari Solid Works, incloent l'acotament dels dissenys. A més a més s'ha après molt sobre la impressió en 3D, ja que els coneixements inicials eren des d'un inici escassos.

En quart lloc, dins de la branca més electrònica, s'han interioritzat més els coneixements sobre la programació de microcontroladors Arduino. També s'ha treballat amb el sensat i les seves senyals (p. e. els sensors IR per detectar la caiguda de les píndoles).

En cinquè lloc, tal com s'ha comentat anteriorment, es pot dir que s'ha treballat molt la cerca de solucions a diferents problemàtiques de manera creativa i innovadora. A nivell personal, aquest és un dels punts més importants d'aquest aprenentatge, ja que és un element característic i vital de l'enginyeria, i al parer propi, el més divertit.

En sisè i últim lloc, la materialització d'aquest projecte ha donat constància de la bretxa entre la teoria i la pràctica. S'han trobat nombroses imperfeccions que no s'haguessin detectat si no s'hagués materialitzat aquest projecte. És per això que aquesta materialització li dona un valor afegit al treball realitzat, ja que donar solucions de manera pràctica a un problema presenta més dificultat que donar-li solucions de manera purament teòrica.

Així doncs, si calgués donar continuïtat a aquest projecte, un dels objectius principals seria polir aquestes imperfeccions. A continuació es mostraran els errors que caldria corregir:

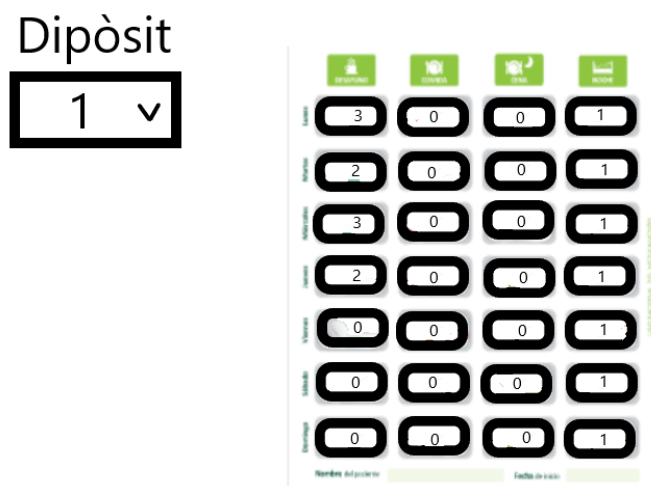
- El moviment de la plataforma no sempre és fluid, en ocasions s'encalla i impossibilita el correcte funcionament. Tot i així, en excepció d'aquest detall, el moviment s'efectua, i la seva transmissió a través de les corretges és la que hauria de ser.
- Un dels tensors presenta un error d'impressió que limita la seva funció. Es pot resoldre canviant la peça "tensor" per una de nova ben impresa.
- La peça que suporta tant el motor pas a pas bipolar com la barra, té un requadre pel motor. Aquest requadre és massa gran i els cargols que subjecten el motor amb la peça no acaben

d'oferir prou fixació i estabilitat. Una solució seria reduint 1mm per cada costat el requadre del motor. D'aquesta manera, es podria encaixar el motor a la peça sense cap cargol, només escalfant la peça i exercint pressió sobre el motor per a que encaixi.

- Hi ha peces que tenen requadres per a que puguin encaixar amb altres peces. Hi ha alguns d'aquests requadres que no acaben d'encaixar bé i cal fer-los més grans. Ja sigui amb ús de llimes, trepants o calor i pressió sobre les peces per tal d'aconseguir el correcte encaix. Aquest problema es pot solucionar amb l'ajust de la mida d'aquests requadres a partir de Solid Works.
- El motor de ventilació no pot tenir contacte directe amb la shield, ja que els cables ho impedeixen.
- Hi ha errors més concrets en el disseny de les peces. Estan descrits en els apartats 3.1.4 i 3.2.3 "Errors a corregir".
- La velocitat del motor pas a pas unipolar que s'encarrega de fer girar la plataforma que dosifica les píndoles dels dipòsits és massa lenta. Es pot solucionar de dues maneres. O bé convertint el motor unipolar a bipolar i canviar el driver, les connexions i el programa, o bé canviant el motor unipolar.

Com a proposta més enllà de la correcció d'aquests errors es podrien realitzar les següents tasques de millora:

- Permetre a l'usuari realitzar una única programació per a tots els requadres del blíster i per a tots els tipus de píndoles. Amb el projecte actual, l'usuari pot programar únicament la distribució de píndoles per a un únic requadre del blíster i per a un únic tipus de píndola. L'objectiu seria que l'usuari pogués programar-ho tot una única vegada i deixar que el prototip realitzés tota la distribució de forma autònoma.
- Realitzar una interfície gràfica que permeti programar la distribució de píndoles de manera automatitzada, més enllà del monitor sèrie d'Arduino. Aquesta interfície podria mostrar per pantalla una pestanya que permeti seleccionar el dipòsit. També podria mostrar un dibuix amb cada requadre del blíster/pastiller a on l'usuari podria introduir el n° de píndoles que volgués introduir. Un exemple seria el que es mostra en la següent imatge:



Il·lustració 44: Proposta per a la interfície gràfica

- Modificar el disseny per a que la boca de sortida de les píndoles quedi just a sobre del punt de referència de la plataforma mòbil que mou el blíster/pastiller.
- Trobar una manera per a que es pugui mostrar en tot moment el n° de píndoles que hi ha a

cada dipòsit.

- Aconseguir que el microcontrolador sigui capaç d'emmagatzemar el nº de píndoles de cada dipòsit tot i que s'hagi encès i apagat el dispositiu.
- Dissenyar una shield pròpia per a facilitar les connexions dels diferents elements al microcontrolador.

5 Bibliografia i webgrafia

- [1] World Health Organization, “OMS | El incumplimiento del tratamiento prescrito para las enfermedades crónicas es un problema mundial de gran envergadura,” World Health Organization, 2003. [Online]. Available: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr54/es/>.
- [2] J. Romero Pombo, M. Romero Portela, J. R. Vizoso Hermida, and M. Tasende Souto, “Evaluación del Programa Piloto de Dispensación de Medicamentos en Dosis Personalizada en Galicia; Gaceta Sanitaria,” 27/02/2006, 2006. [Online]. Available: <http://scielo.isciii.es/pdf/gsv21n1/original2.pdf>.
- [3] B. Arnáez and J. del Arco, “Papel del farmacéutico en residencias de personas mayores,” 2019. [Online]. Available: https://elfarmacutico.es/index.php/cursos/item/10032-papel-del-farmacutico-en-residencias-de-personas-mayores#.YD5x_2hKjcs.
- [4] N. G. Aguilar and R. Alessio, “Guía para el Desarrollo de Servicios Farmacéuticos Hospitalarios Sistema de distribución de medicamentos por dosis unitarias.” [Online]. Available: <https://www.sefh.es/bibliotecavirtual/ops/sdmdu.pdf>.
- [5] “GDLC - píndola.” [Online]. Available: <http://www.diccionari.cat/lexicx.jsp?GECART=0104149>.
- [6] “Motores paso a paso (II): Criterios selección motores y drivers - dima3d.” [Online]. Available: <http://www.dima3d.com/motores-paso-a-paso-en-impresion-3d-ii-criterios-de-seleccion-de-motores-y-drivers/>.
- [7] “Medi-Pal - The Automatic Pill Dispenser - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=DXqMe5Xuyw&ab_channel=MichaelSangiorgio.
- [8] “28BYJ-48: tot el que cal saber sobre aquest motor pas a pas | Maquinari lliure.” [Online]. Available: <https://www.hwlibre.com/ca/28byj-48/>.
- [9] “CIRCUITO CON FOTODIODOS Y FOTOTRANSISTORES; EMISOR, RECEPTOR|| USAR SEÑAL PARA ARDUINO - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=Ni793C4yqqU&ab_channel=ELECTROALL.
- [10] M. A. R. Chamorro, E. M. Pérez Merino, E. García Jiménez, A. Rodríguez Chamo-Rro, F. Martínez Martínez, and M. J. Faus Dader, “Revisión de estrategias utilizadas para la mejora de la adherencia al tratamiento farmacológico,” 2014.
- [11] “Guía Impresión 3D - Presentaciones de Google.” [Online]. Available: https://docs.google.com/presentation/d/1AhJXTBHWa_4U8FrFO-s9DDk3QB33Sqa69WOzAXMOI8g/edit#slide=id.g86f2b8337b_0_108.
- [12] “Tuercas y Tornillos.” [Online]. Available: <https://www.areatecnologia.com/herramientas/tuercas-y-tornillos.html>.
- [13] “Medidas Normalizadas de Tornillos y Tuercas.” [Online]. Available: <https://ingemecanica.com/tutoriales/tornillos.html>.
- [14] “Final de carrera de impresoras 3d. Compra online. - Deimpresoras3d.” [Online]. Available: <http://deimpresoras3d.com/finales-de-carrera-de-impresoras-3d/>.
- [15] “¿Que es un Shield? | Arduino.cl.” [Online]. Available: <https://arduino.cl/que-es-un-shield/>.
- [16] “Guía de comparación de las placas Arduino | Arrow.com.” [Online]. Available: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articulos/arduino-uno-vs-mega-vs-micro>.
- [17] “Ramps con motores paso a paso | Tienda y Tutoriales Arduino.” [Online]. Available: <https://www.promotec.net/ramps-14/>.
- [18] “RAMPS 1.4 - RepRap.” [Online]. Available: https://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4.
- [19] “Errores al calibrar Driver A4988, ajuste Vref, conexión CNC Shield a Motor Pasos #7 - YouTube.” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=...>

- https://www.youtube.com/watch?v=zIiZ_gSi77Y&ab_channel=ElprofeGarcía.
- [20] “DRIVER A4988 + NEMA 17, CALIBRAR DRIVER Y CONEXIONES. - Proyectos maker.” [Online]. Available: <http://www.javierarnedo.com/driver-a4988-nema-17-ajuste-voltaje-referencia/>.
- [21] “DESCRIPCIÓN DEL DRIVER A4988 – Electrónica Práctica Aplicada.” [Online]. Available: <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/descripcion-del-driver-a4988>.
- [22] “Configuración de un motor nema 17 y los driver A4988 o DRV8825 - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=699yHfXEo2o&ab_channel=saisac.
- [23] “How to build an Arduino based DIY 3D Printed Robotic Bartender - Part 1 - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=NBvXknwVfaI&list=RDCMUC3jc4X-kEq-dEDYhQ8QoYnQ&index=7&ab_channel=DIYMachinesDIYMachines.
- [24] “Super Easy 3D Printed Arduino CNC Drawing Machine | GRBL Plotter Elegoo - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=XYqx5wg4oLU&t=819s&ab_channel=DIYMachinesDIYMachines.
- [25] “CoreXY vs. H-Bot: Which System is Better for a 3D Printer?” [Online]. Available: <https://the3dprinterbee.com/corexy-vs-hbot/>.
- [26] “FoldaRap2 Build Manual - RepRap.” [Online]. Available: https://reprap.org/wiki/FoldaRap2_Build_Manual.
- [27] “DMOS Microstepping Driver with Translator And Overcurrent Protection. A4988 Datasheet.” Accessed: Jun. 02, 2021. [Online]. Available: www.allegromicro.com.
- [28] “Ramps 1.4 | Tienda y Tutoriales Arduino.” [Online]. Available: <https://www.prometec.net/blog-ramps-1-4/>.
- [29] “Arduino Tutorial 23: Control de un motor paso a paso por medio de un pololu A4988 - ELEKTRONIC.” <https://e-elektronic.com/arduino-tutorial-23-control-de-un-motor-paso-a-paso-por-medio-de-un-pololu-a4988/>.
- [30] “COMO CONTROLAR UN MOTOR PASO A PASO, USANDO EL DRIVER A4988 || BIEN EXPLICADO 2019 - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=JuAB16EZUwM&ab_channel=ELECTROALL.
- [31] “Como editar STL's en SOLIDWORKS - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=aKsIEJwVpGE&t=244s&ab_channel=JC3DESIGN.
- [32] “Motores paso a paso en impresión 3D (I): Nociones básicas -dima3d.” [Online]. Available: <http://www.dima3d.com/motores-paso-a-paso-en-impresion-3d-i-nociones-basicas-2/>.
- [33] “Mover motores paso a paso con Arduino – DIYMakers.” [Online]. Available: <http://diymakers.es/mover-motores-paso-paso-con-arduino/>.
- [34] “Curso MikroC For PIC -microtutorialesdc.” [Online]. Available: <https://microtutorialesdc.com/course/programing/mikroc/curso-pic-17>.
- [35] “Motores paso a paso - Características básicas - Robots Argentina.” [Online]. Available: http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm.
- [36] “Motor paso a paso – tipos y ejemplos del uso de motores paso a paso | Distribuidor de componentes electrónicos. Tienda en línea: Transfer Multisort Elektronik.” [Online]. Available: <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/41861/Motor-paso-a-paso-tipos-y-ejemplos-del-uso-de-motores-paso-a-paso/>.
- [37] “Motores PaP Unipolares – Electrónica Práctica Aplicada.” [Online]. Available: <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/motores-pap-unipolares>.
- [38] “Motores paso a paso (II): Criterios selección motores y drivers.” [Online]. Available: <http://www.dima3d.com/motores-paso-a-paso-en-impresion-3d-ii-criterios-de-seleccion-de-motores-y-drivers/>.
- [39] “CoreXY experimentation, testing movement by hand - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=cdTB0t-0FW8&ab_channel=JonLangseth.
- [40] “Robot trazador XY drawbot, máquina de dibujo, trazador de área de grabado A4 A3, trazador de marco, kit robot para dibujo|Fresadoras para madera| - AliExpress.” [Online]. Available: <https://es.aliexpress.com/item/32952725307.html>.
- [41] “How to Make an Arduino Drawing Machine? - Fast H-Bot CNC Mechanics.” [Online]. Available: <https://www.arnabkumardas.com/topics/cnc/how-to-make-an-arduino-drawing->

- machine/.
- [42] E. Spd and ® Venalink, “SPD ® Venalink.”
- [43] L. Jacobsen, K. Riley, B. Lee, K. Bradford, and R. Jhaveri, “Tablet/Capsule Size Variation Among the Most Commonly Prescribed Medications for Children in the USA: Retrospective Review and Firsthand Pharmacy Audit,” *Pediatr. Drugs*, vol. 18, no. 1, pp. 65–73, Feb. 2016, doi: 10.1007/s40272-015-0156-y.
- [44] “Almacenamiento, custodia y conservación de productos en la farmacia. Actualización | Farmacia Profesional.” [Online]. Available: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-almacenamiento-custodia-conservacion-productos-farmacia--13132074>.
- [45] “Pill Me Please - The Automated Pill Packaging Machine! - Arduino Project Hub.” [Online]. Available: https://create.arduino.cc/projecthub/ohoh136/pill-me-please-the-automated-pill-packaging-machine-49a243?ref=similar&ref_id=372106&offset=0.
- [46] “Todo sobre las cápsulas vacías.” [Online]. Available: <https://www.lga.fr/es/content/10-aprender-todo-acerca-de-las-capsulas-vacias>.
- [47] “Tabla de tamaños de cápsulas, comparación de peso y capacidad de llenado.” [Online]. Available: <https://www.capsulesizes.com/es/tabla-de-tamanos-de-capsulas-comparacion-de-peso-y-capacidad-de-llenado/>.
- [48] “Video 2: C++ Arduino descripción del proyecto - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=9t_SDtiBuyU&list=PLRaRHEaW197cJBXz0NNPfsGUw_yP281DD&index=2&ab_channel=Informatica.
- [49] “Comprimidos, grageas, pastillas... ¿en qué se diferencian? – Farmacia Aparici.” [Online]. Available: <https://www.aparicifarmacia.com/comprimidos-grageas-pastillas-en-que-se-diferencian/>.
- [50] “Formas farmacéuticas sólidas de administración de fármacos.” [Online]. Available: <https://www.salusplay.com/blog/formas-farmaceuticas-solidas-administracion-farmacos/>.
- [51] “ADC42 - Char to integer || Arduino - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=j_6HVcli10s&ab_channel=MarioAlo.
- [52] M. Hernández and J. L. Poveda, “Sistemas automáticos de dispensación de medicamentos.” [Online]. Available: https://www.chospab.es/libros/farmacia_hospitalaria/dispensacion_combino.pdf.
- [53] “Sistemas automatizados avanzados de dispensación en pacientes ingresados.” [Online]. Available: <https://elfarmaceutico.es/index.php/revista-el-farmaceutico-el-farmaceutico-joven/item/8362-sistemas-automatizados-avanzados-de-dispensacion-en-pacientes-ingresados#.YD5igmhKjcs>.
- [54] “Dosis unitaria.” [Online]. Available: https://www.slideshare.net/kathvasquez5/dosis-unitaria-45859240?next_slideshow=1.
- [55] “Sé un dios en Arduino (3.0) Creando menús - YouTube.” [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=zLCBFC-ygX0&ab_channel=CaracolElectronics.
- [56] “Ciudadanos | Qué llevar y dónde llevarlo -Sigre.” [Online]. Available: <https://www.sigre.es/ciudadanos#que-llevar-y-donde-llevarlo>.
- [57] “Los SPD: compromiso de los farmacéuticos con la salud y con el medio ambiente.” [Online]. Available: <https://www.diariomedico.com/farmacia/los-spd-compromiso-de-los-farmaceuticos-con-la-salud-y-con-el-medio-ambiente.html>.
- [58] “Sistema Personalizado de Dosificación y las farmacias españolas.” [Online]. Available: <https://tevaofarmacia.es/ofbiblioteca/infografias/sistema-personalizado-de-dosificacion-y-las-farmacias-espanolas>.
- [59] “El marco legal de los SDPs.” [Online]. Available: <https://www.venalink.es/el-marco-legal-de-los-spd/>.
- [60] M. A. R. Chamorro, E. M. P. Merino, E. G. Jiménez, A. R. Chamoro, F. M. Martínez, and M. J. F. Dader, “Revisión de estrategias utilizadas para la mejora de la adherencia al tratamiento farmacológico,” *05/04/14*, pp. 110–120, 2014.
- [61] “Adherencia al tratamiento: cómo lograr que tu paciente tome la medicación - Atención Primaria.” [Online]. Available: <https://atencionprimaria.almirallmed.es/blog/adherencia-al-tratamiento-como-lograr-que-tu-paciente-tome-la-medicacion/>.
- [62] “Documentos de un proyecto de ingeniería: EL PLIEGO DE CONDICIONES. || UPV -

YouTube.”

v

https://www.youtube.com/watch?v=9wvjsrxlN4w&ab_channel=UniversitatPolitècnicaValència-UPV.

- [63] “Posología - Wikipedia, la enciclopedia libre.” [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Posología>.
- [64] “Sistemas personalizados de dosificación. Funcionamiento | Farmacia Profesional.” [Online]. Available: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-sistemas-personalizados-dosificacion-funcionamiento-13114982>.
- [65] “Qué es el Sistema Personalizado de Dosificación - Apoya tu Farmacia.” [Online]. Available: <https://www.apoyatusalud.com/beneficios-sistema-personalizado-dispensacion-spd/>.
- [66] “¿Vendemos los medicamentos a granel? | Saludconcosas.” [Online]. Available: <https://saludconcosas.es/vendemos-los-medicamentos-grane/>.
- [67] “Char a Int en Arduino - Parzibyte’s blog.” [Online]. Available: <https://parzibyte.me/blog/2017/11/13/char-a-int-en-arduino/>.
- [68] “Mejoras ambientales de los envases - SIGRE.” [Online]. Available: <http://www.sigre-ecodiseno.es/hacia-el-ecodiseno.html>.
- [69] “Tipos de envases farmacéuticos | En Genérico,” 2018. [Online]. Available: <https://www.engenerico.com/tipos-de-envases-farmaceuticos/>.
- [70] “Normas generales para el almacenamiento, preparación y administración de medicamentos.” [Online]. Available: http://www.sspa.juntadeandalucia.es/servicioandaluzdesalud/hrs3/fileadmin/user_upload/area_enfermeria/enfermeria/procedimientos/procedimientos_2012/h12_1_almacenamiento_conservacion_medicamentos.pdf.
- [71] “Almacenamiento de sus medicamentos: MedlinePlus enciclopedia médica.” [Online]. Available: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000534.htm>.
- [72] B. Shaqour, “Developing an Additive Manufacturing Machine,” p. 107, 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/317974747_Developing_an_Additive_Manufacturing_Machine.
- [73] E. Casaus Lara, “Guía de buenas prácticas de preparación de medicamentos en servicios de farmacia hospitalaria” Dirección General de Cartera Básica de Servicios del SNS y Farmacia; Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad ; Juny, 2014
- [74] C. Joaquim, B. Dirección, M. Cinta, G. Autores, M. Hernández, and J. Luis Poveda, “3 EDUCACIÓN SANITARIA EDUCACIÓN SANITARIA Sistemas automáticos de dispensación de medicamentos dispensación de medicamentos.”
- [75] “SERIE MEDICAMENTOS ESENCIALES Y TECNOLOGIA No. 5.3 Guía para el Desarrollo de Servicios Farmacéuticos Hospitalarios.”