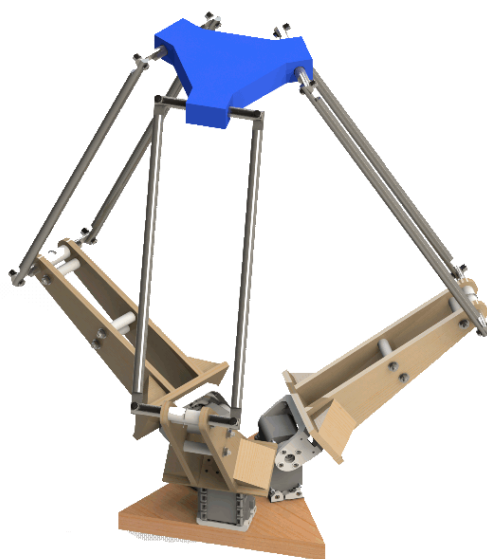


Informe mecànic Projecte I

Marc Asenjo i Ponce de León Joan Marcè i Igual
Iñigo Moreno i Caireta

25 de maig de 2015



Índex

1	Objectiu	3
2	Informe mecànic	4
2.1	Assemblatge general	4
2.2	Servomotors	5
2.2.1	Plataforma suport	5
2.3	Braç	6
2.3.1	Estructura	6
2.3.2	Estabilitzador	7
2.4	Avantbraç	8
2.4.1	Vara unió	8
2.4.2	Eix Braç	8
2.4.3	Eix Pinça	9
2.4.4	Unió	9
2.5	Pinça	10
3	Informe cinemàtic	11
3.1	Cinemàtica inversa	11
3.1.1	Definicions de variables	11
3.1.2	Canvis de base	11
3.1.3	Càlcul d'un angle	12
3.2	Rang de treball	13
3.3	Implementació en Matlab	13
3.3.1	Càlcul d'un angle	14
3.3.2	Càlcul de tots els angles	14
3.3.3	Càlcul del rang de treball	15

1 Objectiu

El nostre objectiu és construir un robot delta que sigui capaç de posicionar peces de dominó de la manera desitjada per l'usuari, aquest tindrà un programa que li permetrà dibuixar el circuit desitjat i també podrà controlar el robot mitjançant un joystick.

2 Informe mecànic

2.1 Assemblatge general

Aquest robot delta està format per quatre parts generals: els servos, els braços, els avantbraços i la pinça final.

El robot consta de tres servos que permetran el posicionament de la pinça; cada servomotor té acoblat un braç que es mou junt amb l'eix d'aquest. A més a més, els braços estan units mitjançant un eix amb l'avantbraç. Tots els avantbraços arriben a unir-se a la peça final que és la pinça permetent així que el moviment dels tres servos determini un punt a l'espai en el qual posicionar la pinça amb tres graus de llibertat de translació.

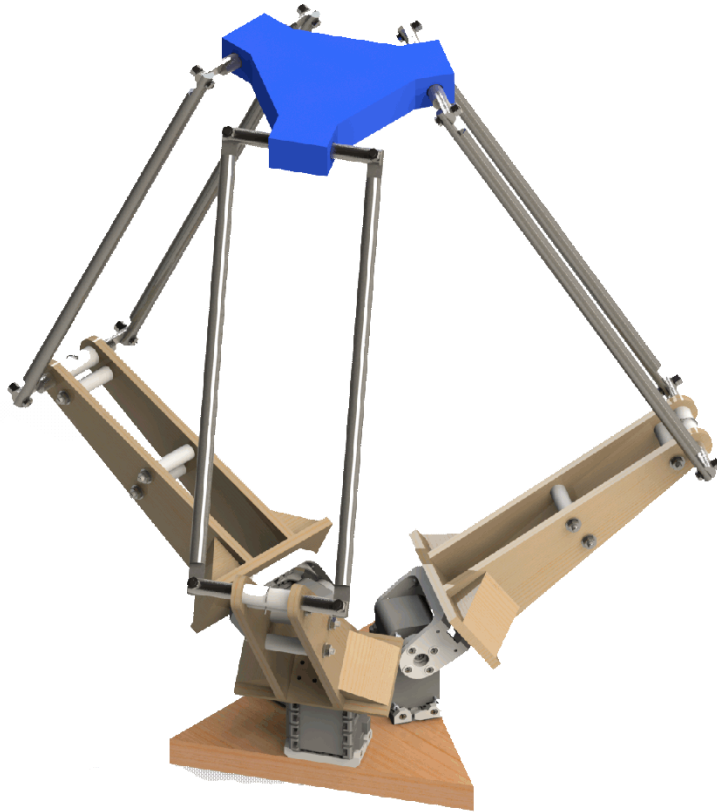


Figura 1: Assemblatge general

2.2 Servomotors

Els servomotors permeten el posicionament específic d'un eix a un cert angle. N'hi ha tres. S'utilitza el model AX-12 de dynamixel.

A part dels servos també s'han utilitzat els accessoris *FP04-F2* i *FP04-F3*. Per tal de facilitar l'ancoratge entre el servomotor i les diferents peces.

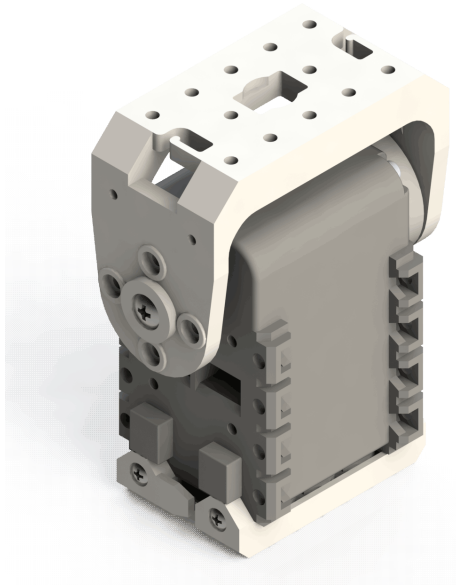


Figura 2: Imatge 3D del servomotor

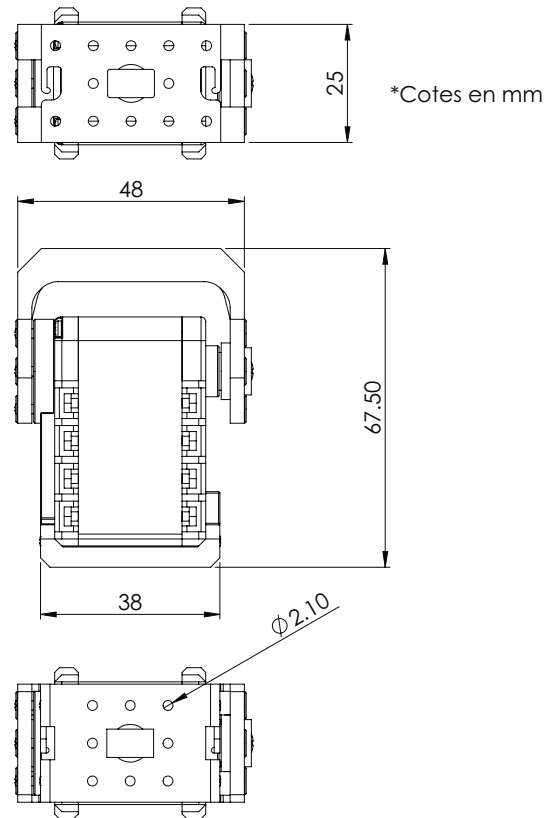


Figura 3: Plànol servo amb accessoris

2.2.1 Plataforma suport

Sobre aquesta plataforma estaran situats els tres servos del robot. Serà de fusta ja que permetrà cargolar els servomotors a sobre i així impedir un moviment no desitjat.

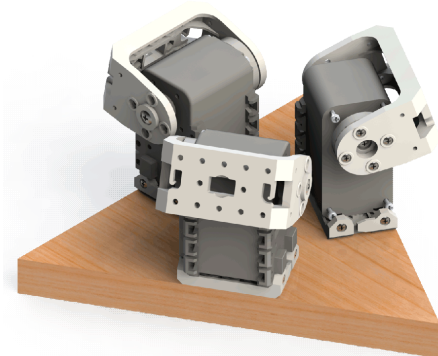


Figura 4: Plataforma amb els servos posats

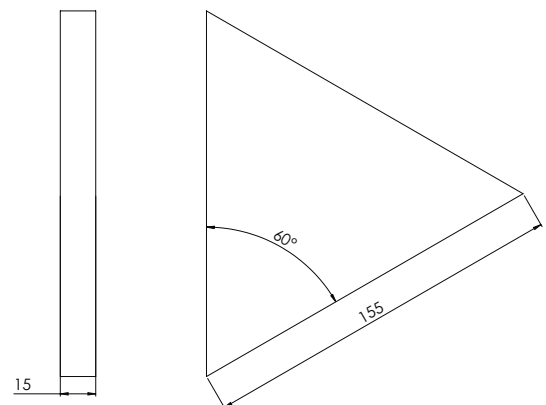


Figura 5: Plànol plataforma servos

2.3 Braç

Es recolza en els servomotors i principalment està fet de fusta. La part estructural és tota de fusta i està tota enganxada amb cola i després hi ha tres estabilitzadors que eviten vibracions innecessàries a la part del braç més propera a l'eix.



Figura 6: Braç muntat

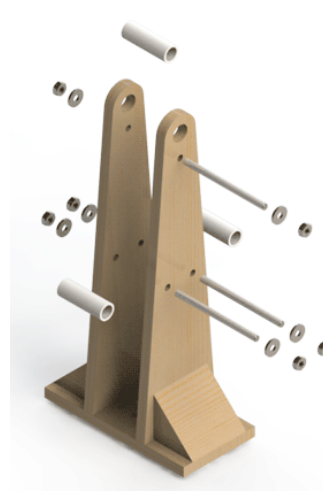


Figura 7: Muntatge del braç

2.3.1 Estructura

L'estructura està feta amb llistons de fusta. S'ha utilitzat un llistó de 45° d'inclinació per la part de suport que es troba entre la base i la columna vertical i per a fer tant la base com les columnes verticals s'ha utilitzat un llistó de 5 mm de gruix que s'ha tallat perquè tingui la forma desitjada.

La raó per la que s'ha escollit fer-ho amb fusta és per poder fer-hi forats i talls amb relativa facilitat ja que la fusta és fàcil de treballar; també el reduït cost econòmic d'aquesta ha motivat escollir aquest material.



Figura 8: Estructura del braç

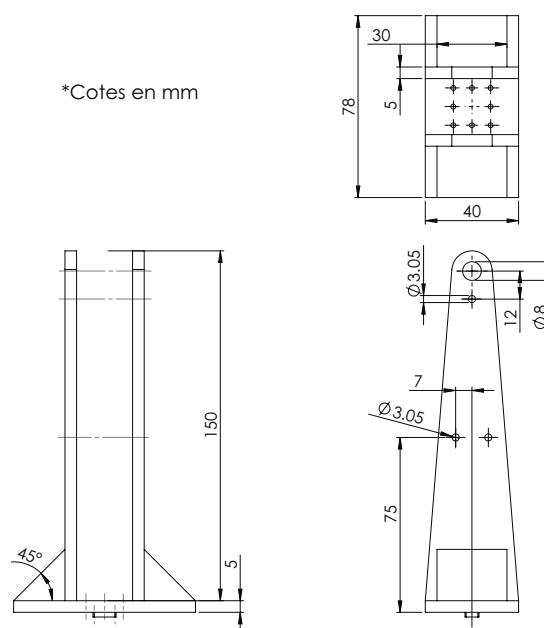


Figura 9: Plànol de les mides del braç

2.3.2 Estabilitzador

L'estabilitzador s'utilitza per tal que l'estructura de fusta no vibri ni es deformi degut al moviment del robot. És un conjunt de peces que està format per:

- Una barra roscada de M3 i 45 mm de llargada
- Un tub de plàstic de 6 mm de diàmetre interior i 8 mm de diàmetre exterior de 24 mm de llargada
- Dues volanderes
- Dues femelles M3

El tub de plàstic es situa entre les dues fustes verticals de l'estructura del braç i per dins hi va la barra roscada. A fora es col·loquen les femelles i les volanderes de manera que permeten prémer les dues fustes contra el tub de plàstic forçant així que la distància entre les dues fustes sigui constant.

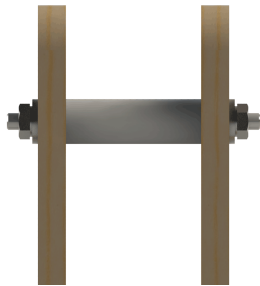


Figura 10: Estabilitzador muntat

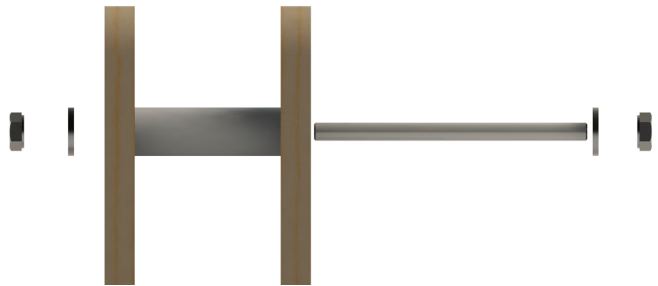


Figura 11: Muntatge estabilitzador

2.4 Avantbraç

L'avantbraç ha de connectar el braç amb la pinça i ha d'estar fet de tal manera que les dues rectes que hi ha entre els eixos sempre siguin paral·leles, a part la unió amb el braç i la pinça ha de ser mitjançant una junta esfèrica. En aquest robot s'ha separat la junta esfèrica en dos eixos per tal que faci la mateixa funció i sigui més fàcil de fabricar.



Figura 12: Avantbraç muntat



Figura 13: Muntatge avantbraç

2.4.1 Vara unió

És la que uneix l'eix situat a la pinça i l'eix situat al braç. És d'alumini que és un metall bastant lleuger i, a més a més, s'ha pensat en fer-la buida per dins per tal d'estalviar pes i així evitar errors en el posicionament final del robot.

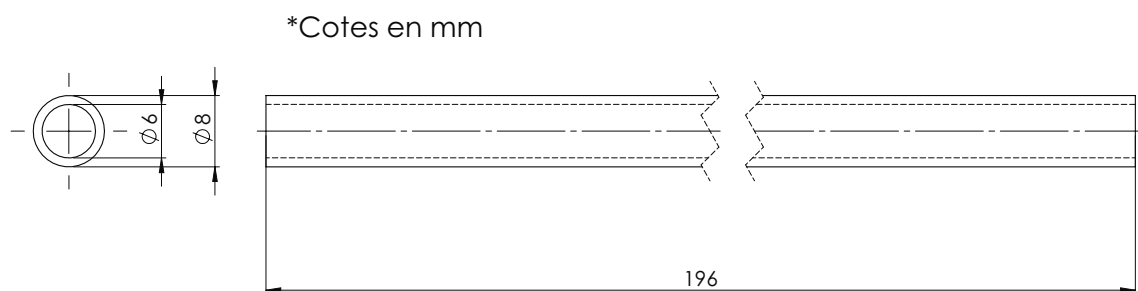


Figura 14: Plànol de la vara

2.4.2 Eix Braç

És el que es troba situat al braç de cada servo, el material utilitzat també ha estat l'alumini ja que és un material prou resistent com per fer d'eix i a la vegada també és fàcil de perforar. Aquest eix té un petit forat just al mig per tal de poder posar-hi un passador i que així quedin units l'eix i un tub de plàstic que estarà situat entre les dues columnes del braç; d'aquesta manera s'espera que l'eix es mantingui centrat i lateralment. El tub de plàstic tindrà les mateixes mides que la separació entre les columnes.

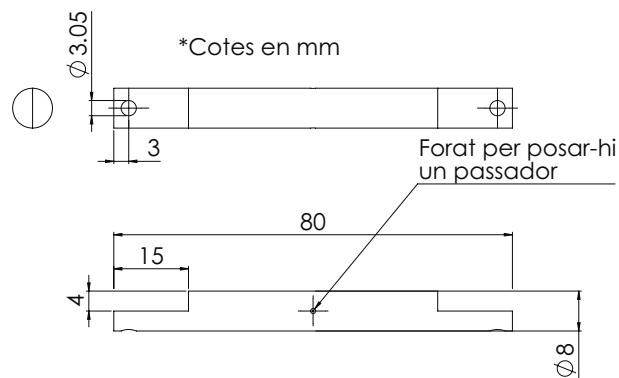


Figura 15: Plànol de l'eix

2.4.3 Eix Pinça

És l'eix que estarà situat al suport de la pinça, és exactament igual a l'eix del braç a excepció que aquest no estarà centrat mitjançant un passador. Un cop muntat al suport de la pinça, hi haurà una goma a cada costat de l'eix del suport de la pinça per evitar el moviment lateral.

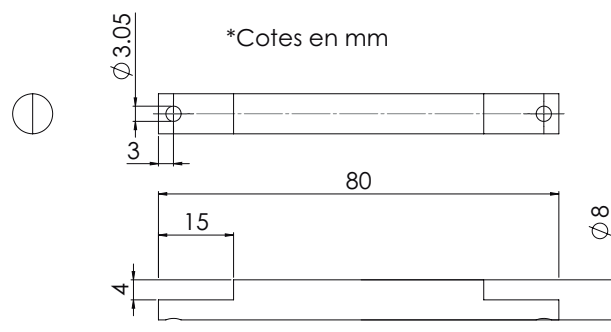
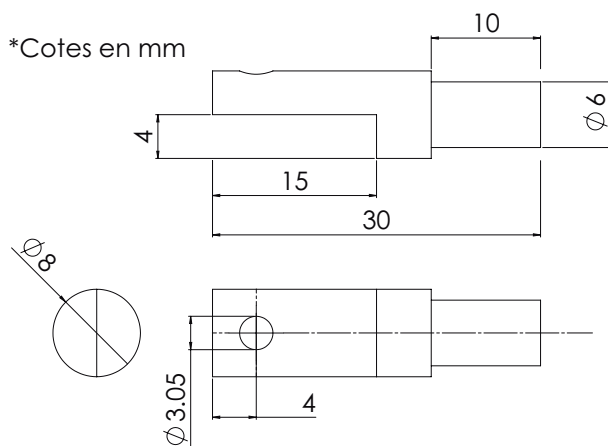


Figura 16: Plànol de l'eix de la pinça

2.4.4 Unió

Amb aquesta peça es pretén unir la vara a l'eix. Està feta de manera que la part que té un radi de 6 mm entri dins del forat interior de la vara i quedi fixat allà. D'aquesta manera s'acaba tenint el mateix resultat a tenir una sola vara amb els forats d'unió a cada costat però amb un pes inferior.



2.5 Pinça

De moment només s'ha pensat el suport de la pinça ja que fins que no estigui aquesta part muntada i provat el seu correcte funcionament no es pot estar segur a seguir afegint més components. El suport serà de plàstic, imprès en 3D ja que la fusta aquí resulta ser un element massa dèbil i en el moment de fer els forats per on ha de passar l'eix, es trenca.

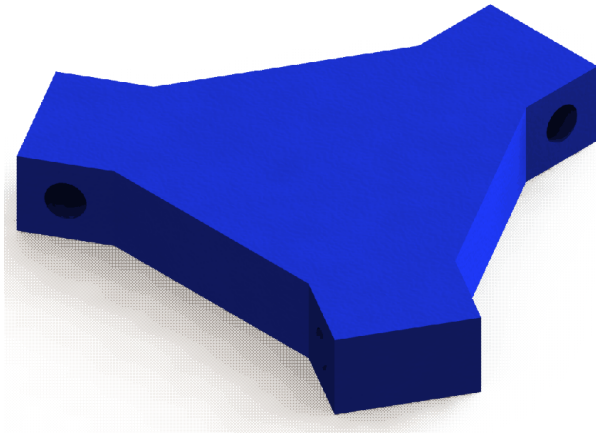


Figura 17: Representació 3D del suport de la pinça

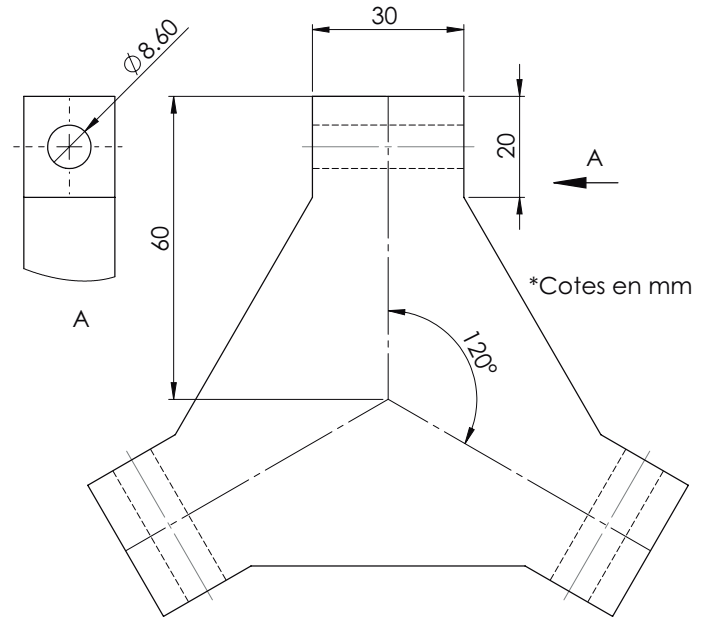


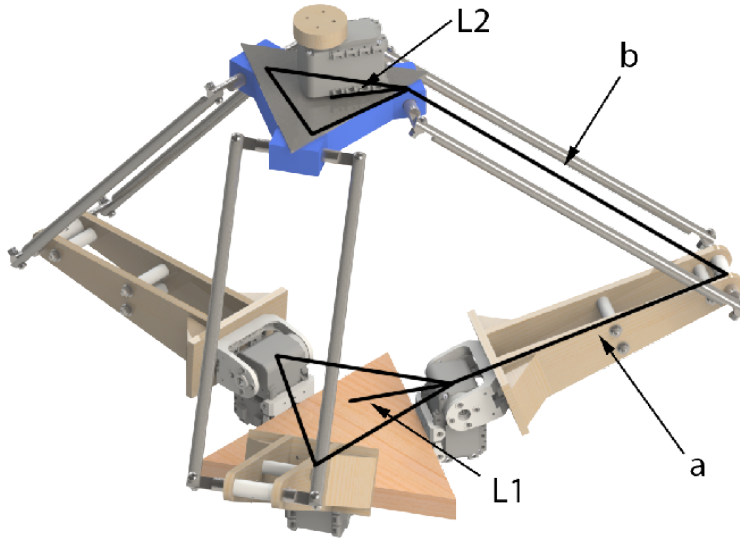
Figura 18: Plànol del suport de la pinça

3 Informe cinemàtic

3.1 Cinemàtica inversa

El càlcul invers és el que ens serveix per trobar els angles a partir de la posició a la que volem situar la plataforma. Es pot fer el càlcul per cada motor de manera separada. Primer s'han de definir les mides principals del robot que s'utilitzaran en el càlcul.

3.1.1 Definicions de variables



a és la mida total del braç, des de l'eix del motor fins a l'eix de la connexió amb l'avantbraç.

b és la mida de tot l'avantbraç des de la connexió amb el braç fins a la unió amb la plataforma.

L1 és la distància entre el centre de la base als eixos dels motors.

L2 és la distància entre el centre de la plataforma a l'eix de connexió amb l'avantbraç.

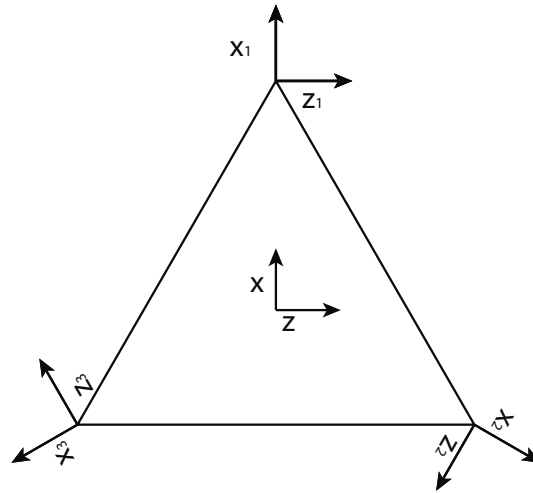
3.1.2 Canvis de base

Com el càlcul de cada angle es independent de la resta, es poden fer canvis de base per poder fer-ho tot amb una sola funció a l'hora de programar. La base inicial $\{x_0, y_0, z_0\}$ està al centre de la base, amb la x en la direcció del motor 1. Les bases $\{x_i, y_i, z_i\}$ que farem servir per calcular l'angle del motor i estan posicionades al centre del eix de cada motor, i la seva x apunta en la direcció perpendicular al eix del motor.

$$\{x_1, y_1, z_1\} = \{x_0 + L2 - L1, y_0, z_0\}$$

$$\{x_2, y_2, z_2\} = \{z_0 \sin(60) - x_0 \cos(60) + L2 - L1, y_0, -z_0 \cos(60) - x_0 \sin(60)\}$$

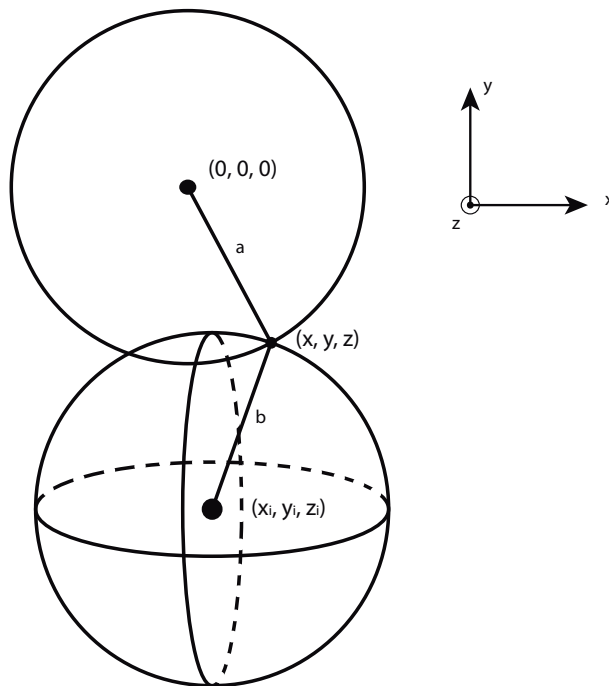
$$\{x_3, y_3, z_3\} = \{-z_0 \sin(60) - x_0 \cos(60) + L2 - L1, y_0, -z_0 \cos(60) + x_0 \sin(60)\}$$



3.1.3 Càlcul d'un angle

El motor només pot moure el final del braç en un cercle, gràcies a això es poden deduir dos formules:

$$x^2 + y^2 = a^2 \quad \text{i} \quad z = 0$$



També es pot veure que, com ha d'estar connectat a la plataforma amb una distancia b mitjançant l'avantbraç, s'ha de complir la formula:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = b^2$$

Ara només cal resoldre el sistema d'equacions.

$$x^2 - 2xx_i + x_i^2 + y^2 - 2yy_i + y_i^2 + z_i^2 = b^2$$

$$-2xx_i - 2yy_i = \underbrace{b^2 - a^2 - x_i^2 - y_i^2 - z_i^2}_n$$

$$-2x_i\sqrt{a^2 - y^2} = n + 2yy_i$$

$$4a^2x_i^2 - 4y^2x_i^2 = n^2 + 4yy_in + 4y^2y_i^2$$

$$y^2(x_i^2 + y_i^2) + y(y_in) + (\frac{n^2}{4} - a^2x_i^2) = 0$$

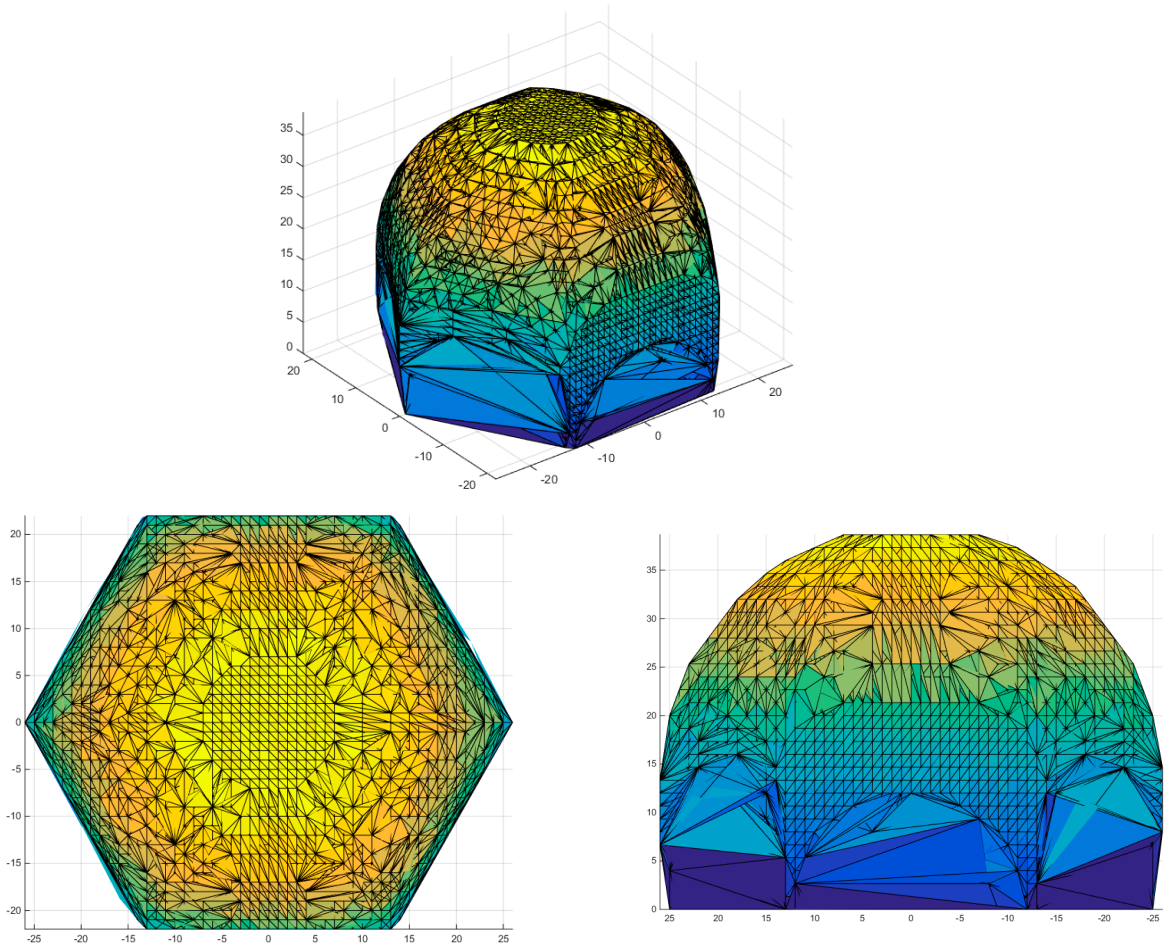
$$y = \frac{-y_i \pm \sqrt{y_i^2n^2 - 4(x_i^2 + y_i^2)(\frac{n^2}{4} - a^2x_i^2)}}{2(x_i^2 + y_i^2)}$$

$$x = \pm \sqrt{a^2 - y^2}$$

Finalment, $\theta = atan(\frac{y}{x})$

3.2 Rang de treball

Per calcular el rang de treball s'ha utilitzat la fórmula de l'apartat anterior i buscant una gran quantitat de punts, d'aquests els que donaven un resultat possible s'han agafat com a vàlids i els altres s'han descartat. Tot seguit s'han passat els punts a Matlab® i s'ha generat la següent superfície.



3.3 Implementació en Matlab

La implementació de Matlab té tres parts, dues per al càlcul dels angles de treball i la tercera per poder calcular el rang de treball del robot.

3.3.1 Càlcul d'un angle

```
1  % Rep com a parmetres:
2  % - x, y, z de la posici a calcular en la base adequada
3  % - a la llargada del brac
4  % - b la llargada de l'avantbrac
5  function angle = singleAngle(x0, y0, z0, a, b)
6
7  n = b^2 - a^2 - z0^2 - x0^2 - y0^2;
8  root = sqrt (n^2*y0^2 - 4*(x0^2 + y0^2)*(-x0^2*a^2 + n^2/4));
9
10 if (x0 < 0)
11     root = root * -1;
12 end
13
14 y = (-n*y0 + root ) / (2*(x0^2 + y0^2));
15
16 sign = 1;
17 if ((b^2 - (y0 + a)*(y0 + a)) < (x0^2 + z0^2) && x0 < 0)
18     sign = -1;
19 end
20
21 x = sqrt(a^2 - y^2)*sign;
22
23 if (isreal(x) && isreal(y))
24     angle = atan2(y, x);
25 else
26     angle = NaN;
27 end
28
29 end
```

3.3.2 Càlcul de tots els angles

```
1  % Rep com a parmetre la posici x, y, z on es vol saber els tres angles
2  % del robot que s el que retorna la funci .
3  function D = setAngles(x, y, z)
4
5  % Mides del robot
6  a = 17.233;      % Llargada brac
7  b = 22.648;      % Llargada avantbrac
8  L1 = 6.374;      % Distncia al centre del triangle de la base
9  L2 = 6;          % Distncia al centre del triangle de la pinca
10
11 % Definicions de constants
12 sin60 = sqrt(3)/2;
13 cos60 = 1/2;
14
15 % Clcul primer angle
16 x1 = x + L2 - L1;
17 y1 = z;
```

```

18 z1 = y;
19 D(1) = singleAngle(x1,y1,z1, a, b);
20
21 % C lcul segon angle
22 x2 = y*sin60 - x*cos60 + L2 - L1;
23 y2 = z;
24 z2 = -y*cos60 - x*sin60;
25 D(2) = singleAngle(x2,y2,z2, a, b);
26
27 % C lcul tercer angle
28 x3 = -y*sin60 - x*cos60 + L2 - L1;
29 y3 = z;
30 z3 = -y*cos60 + x*sin60;
31 D(3) = singleAngle(x3,y3,z3, a, b);
32
33 end

```

3.3.3 Càlcul del rang de treball

```

1 function M = calcWorkspace(x, y, z, steps)
2 i = 1;
3 for dz = 0:z/(2*steps):z
4     for dx = -x:x/steps:x
5         for dy = -y:y/steps:y
6             D = setAngles(dx, dy, dz);
7             if (~isnan(D))
8                 X(i) = dx;
9                 Y(i) = dy;
10                Z(i) = dz;
11                i = i + 1;
12            end
13        end
14    end
15 end
16
17 tri = delaunay(X, Y, Z);
18 trisurf(tri,X, Y, Z, 'EdgeColor', 'black', 'LineWidth', 0.05);
19 axis('equal')
20
21
22 M(:, 1) = X;
23 M(:, 2) = Y;
24 M(:, 3) = Z;
25 end

```