

Órtesis Posturales y Estabilizadoras para Adultos Mayores afectados con Gonartrosis en una articulación Diartrosis Condílea controlado por un Sistema Embebido

Cruz, María
Pacori, Claudia
Quispe, Rosario
Sanchez, Dangelo

Suarez, Alessandra
Uribe, Sharon
Valderrama, Indira
Vasquez, Christoffer



Índice

 Introducción

 Objetivos

 Desarrollo

 Conclusiones

 Trabajo a futuro

Introducción

- Las órtesis son dispositivos médicos que se utilizan en el caso de lesiones, enfermedades del sistema óseo y aparato locomotor para modificar los aspectos estructurales o funcionales
- Las órtesis se clasifican en pasivas y activas, así como de acuerdo a la articulación a la cual son dirigidas



Objetivos

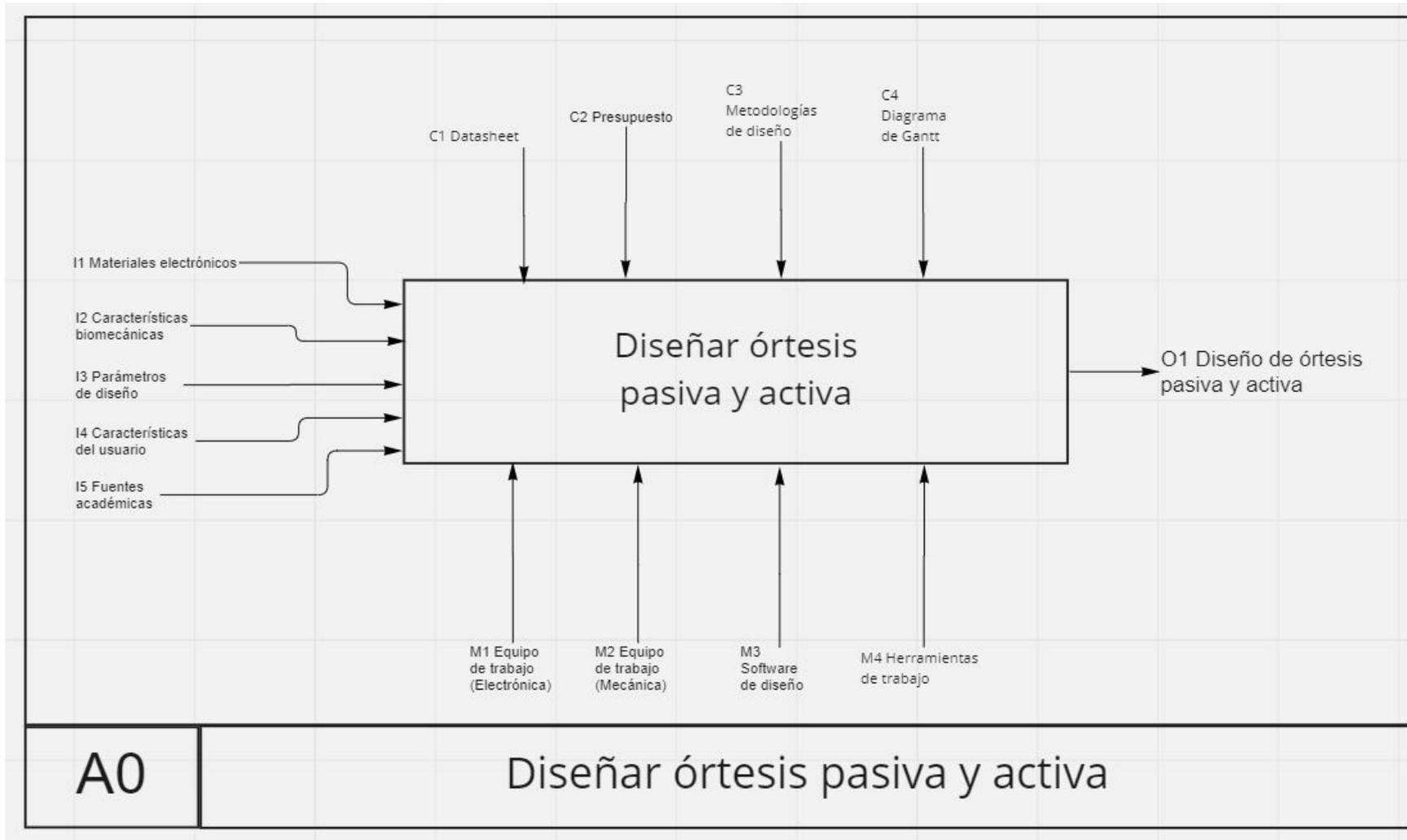
- **Objetivo general:**

Diseñar una órtesis pasiva y activa para adultos mayores con gonartrosis.

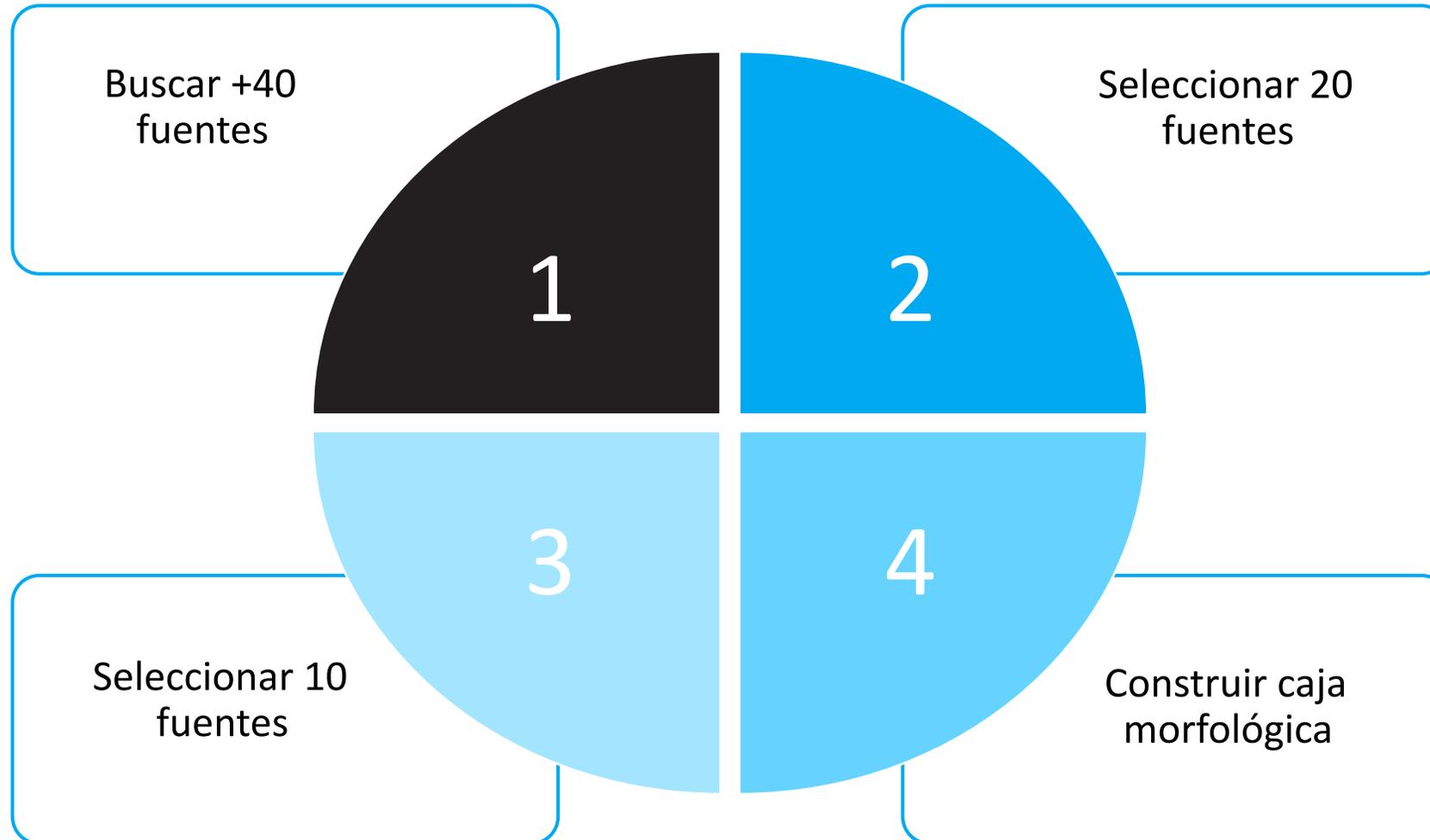
- **Metodología IDEF**



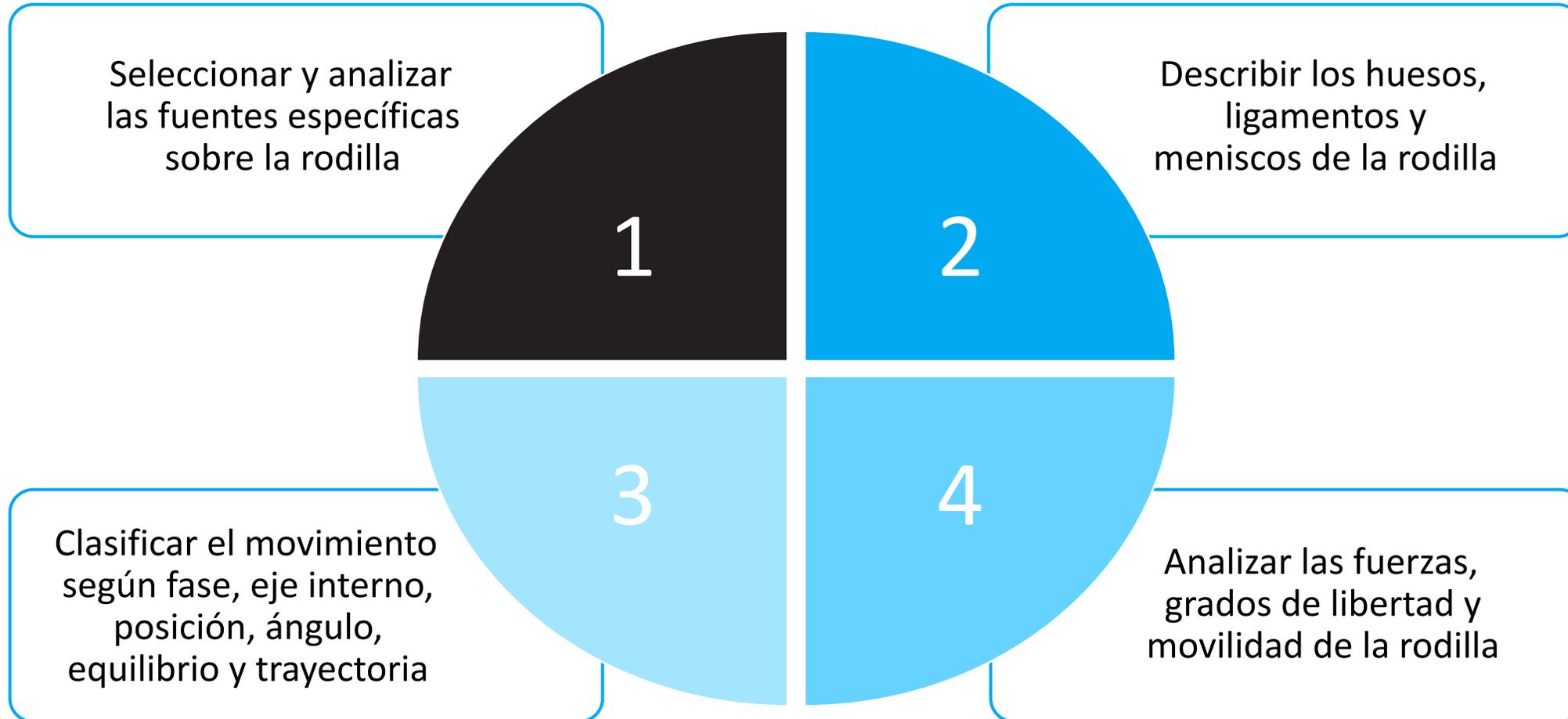
Diagrama general A0



A1: Realizar revisión bibliográfica



A2: Análisis de la rodilla



A2: Análisis de la rodilla

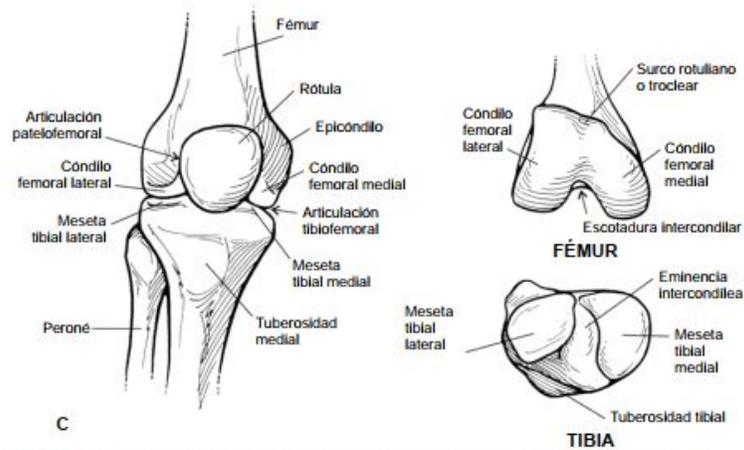
1° Seleccionar y analizar las fuentes específicas sobre la rodilla

- De Leonardo, L. (2008, mayo). *Diseño y construcción de prototipo de prótesis de rodilla*. Universidad de las Américas Puebla.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/de_l_lm/capitulo2.pdf
- Hainaut, K. (1976). *Introducción a la Biomecánica* (1° ed.). JIMS.
- Moya, A. (2017). *Dispositivo acoplable a servomotor para la rehabilitación de la articulación de la rodilla* [Tesis de pregrado, Universidad de Málaga]. Repositorio Institucional Universidad de Málaga. <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/12663>
- PhD, H. J., PhD, K. K., & Derrick, T. (2017). *Biomecánica. Bases del movimiento humano* (Fourth ed.). LWW.
- Ramos, O. (2021). *Fundamentos de Robótica - Tema 3: Cinemática Directa I*. Universidad de Ingeniería y Tecnología. <http://oramosp.epizy.com/teaching/notes.pdf>

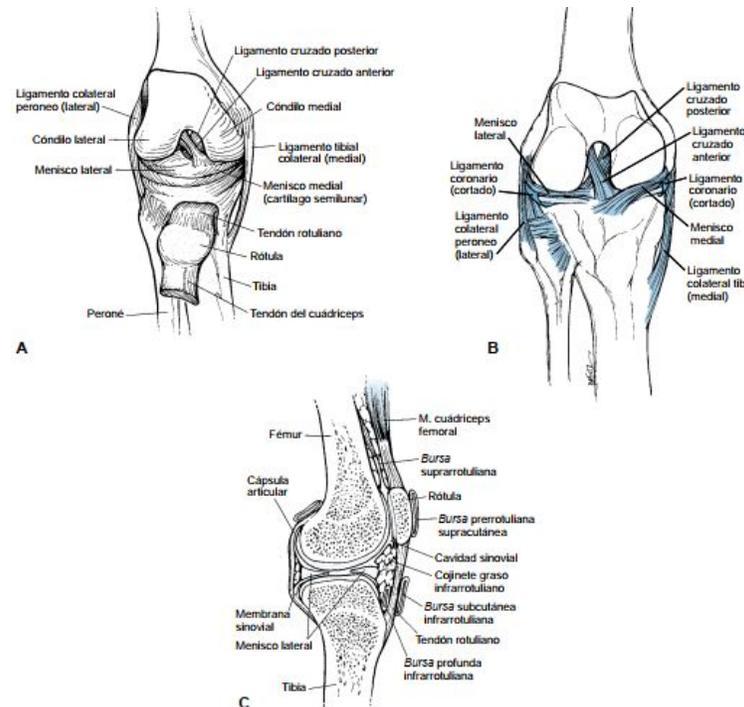
A2: Análisis de la rodilla

2° Describir los huesos, ligamentos y meniscos de la rodilla

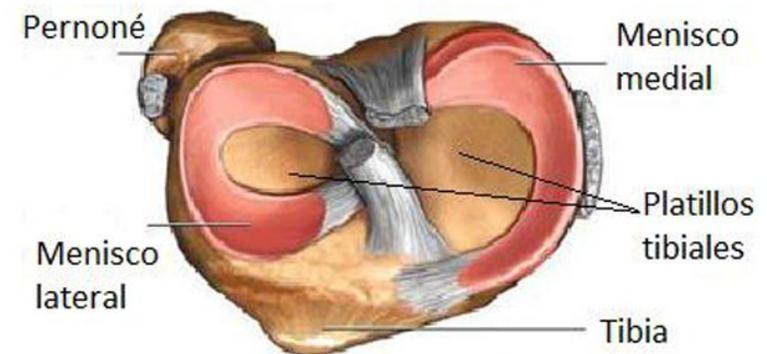
Huesos



Ligamentos



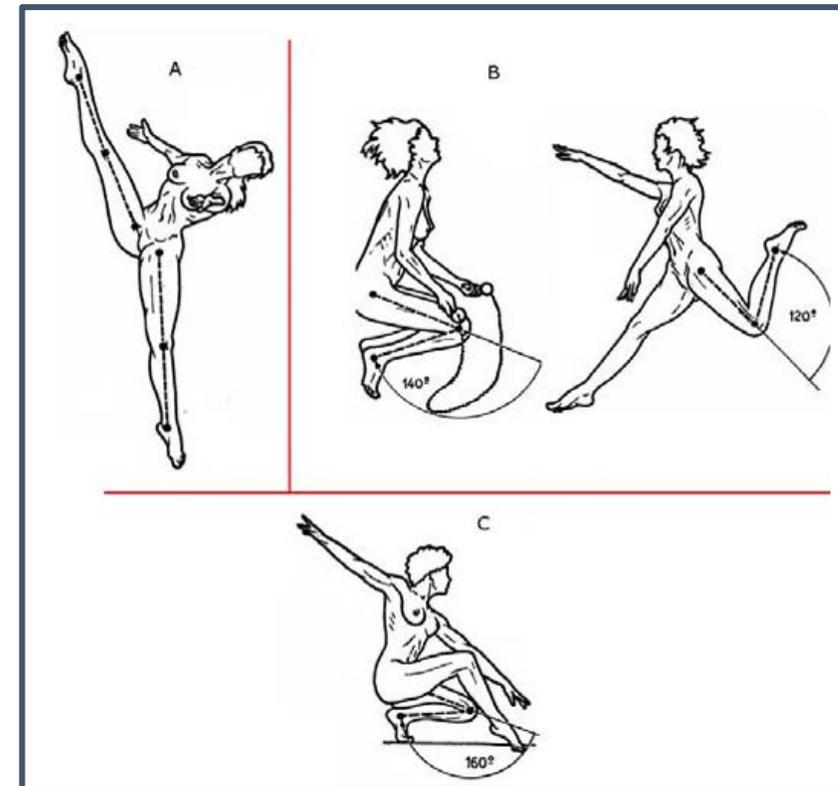
Meniscos



A2: Análisis de la rodilla

3° Clasificar el movimiento según fase, eje interno, posición, ángulo, equilibrio y trayectoria

- Los movimientos en que se va a especificar el proyecto son: flexión y extensión
- Los ángulos restrictores para los movimientos son: 130° , para la para el movimiento de flexión y 0° en el de extensión de una persona sana.

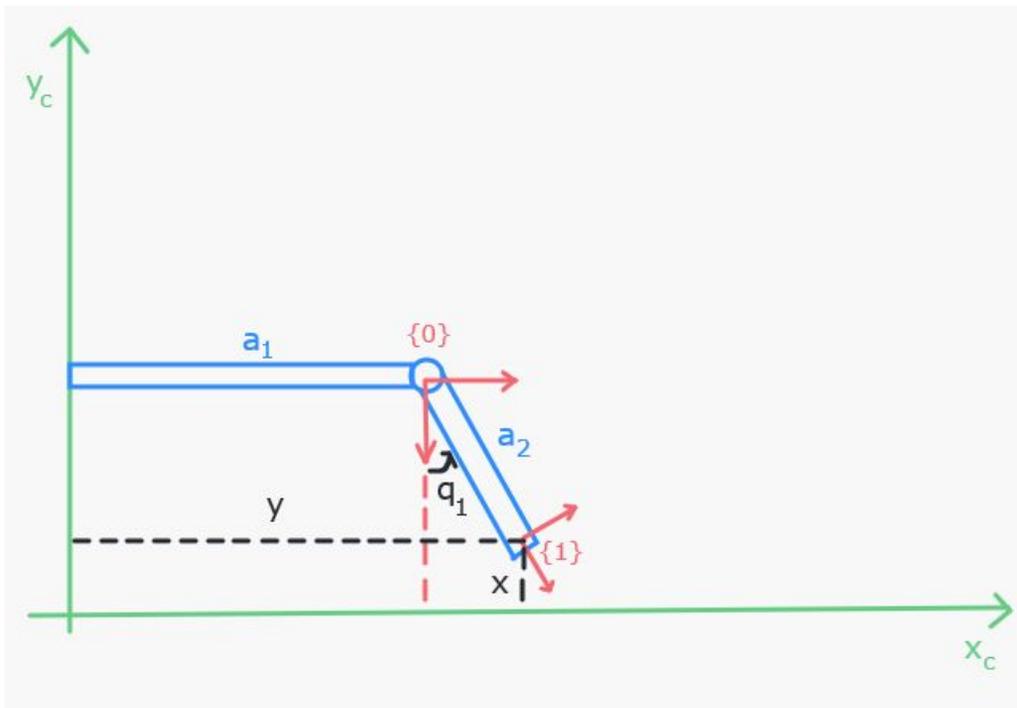


A2: Análisis de la rodilla

4° Analizar las fuerzas, grados de libertad y movilidad de la rodilla

1. Análisis mediante cinemática directa: Método de análisis geométrico

- Plantear sistema de referencia
- Obtención de ecuaciones y matrices



$$\begin{aligned}
 x &= a_1 + a_2 \cdot \sin q_1 \\
 y &= a_2 \cdot (1 - \cos q_1) \\
 z &= 0 \\
 R_z(q_1)
 \end{aligned}$$

A2: Análisis de la rodilla

4° Analizar las fuerzas, grados de libertad y movilidad de la rodilla

1. Análisis mediante cinemática directa: Método de análisis geométrico

- Obtención de matrices a partir de ecuaciones
- Obtención del efector final

$$H_1^0 = \begin{bmatrix} R_z(a_1) & T(x, y, z) \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_1^0 = \text{Trrot}_z(q_1) \times \text{Trasl}_x(a_2)$$

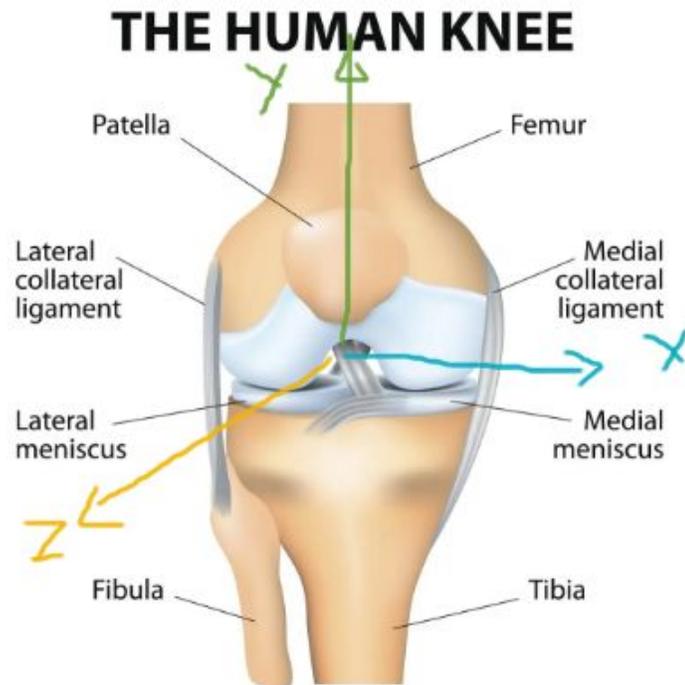
$$T_1^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & -\sin(q_1) & 0 & 0 \\ \sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_1^0 = \begin{bmatrix} \cos(q_1) & -\sin(q_1) & 0 & x \\ \sin(q_1) & \cos(q_1) & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A2: Análisis de la rodilla

4° Analizar las fuerzas, grados de libertad y movilidad de la rodilla

2. Método de Euler



- Planteo de matriz a partir de la rotación ZXZ

$$X_{R,eulerZXZ} = \begin{pmatrix} z_1 \\ x \\ z_2 \end{pmatrix}$$

$$C_{AD} = C_{AD}(z_1)C_{BC}(x)C_{CD}(z_2)$$

A2: Análisis de la rodilla

4° Analizar las fuerzas, grados de libertad y movilidad de la rodilla

2. Método de Euler

- Planteo de matrices

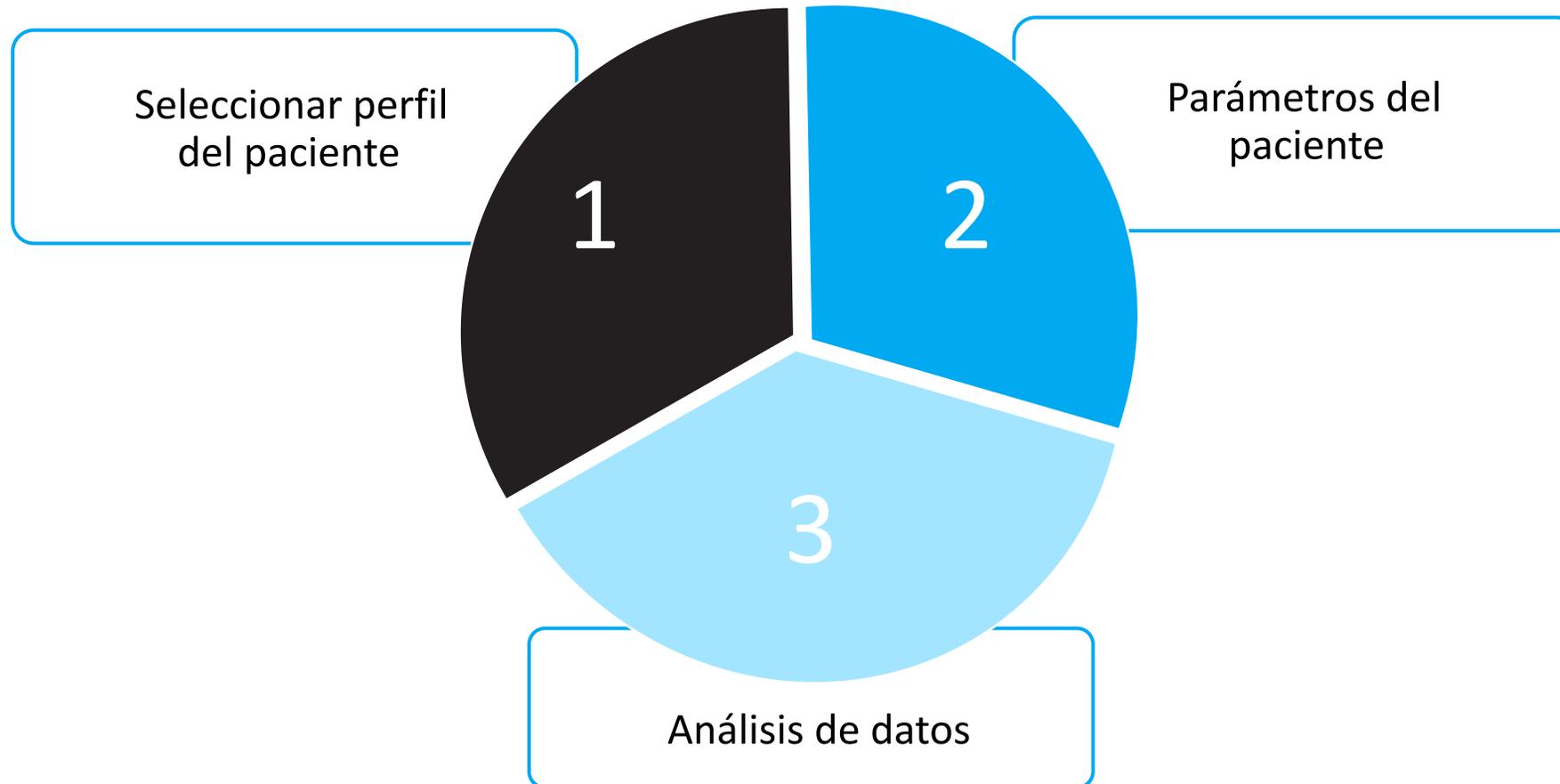
$$C_{AD} = \begin{bmatrix} \cos z_1 & -\sin z_1 & 0 \\ \sin z_1 & \cos z_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos x & -\sin x \\ 0 & \sin x & \cos x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos z_2 & -\sin z_2 & 0 \\ \sin z_2 & \cos z_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$C_{AD} = \begin{bmatrix} c_{z1}c_{z2} - c_x s_{z1} s_{z2} & -c_{z1} s_{z2} - c_x c_{z2} s_{z1} & s_x s_{z1} \\ c_{z2} s_{z1} + c_x c_{z1} s_{z2} & c_x c_{z1} c_{z2} - s_{z1} s_{z2} & -c_{z1} s_x \\ s_x s_{z2} & c_{z2} s_x & c_x \end{bmatrix}$$

$$C_{AD} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{pmatrix}$$

$$X_{R,euler ZYZ} = \begin{pmatrix} z_1 \\ x \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{atan2}(c_{13}, -c_{23}) \\ \text{atan}(\sqrt{c_{13}^2 + c_{23}^2}, c_{33}) \\ \text{atan2}(c_{31}, c_{32}) \end{pmatrix}$$

A3: Determinar los parámetros de diseño



A3: Determinar los parámetros de diseño

1° Seleccionar perfil del paciente

- Edad: 58 años
- Diagnóstico: Osteoartritis primaria en la rodilla



A3: Determinar los parámetros de diseño

2° Parámetros del paciente

Rodilla



- Ancho: 13.9 cm
- Perímetro: 43.2 cm

Muslo



- Largo: 42.2 cm
- Ancho: 17.9 cm
- Perímetro: 53.6 cm

Pierna



- Largo: 34.4 cm
- Ancho: 12.7 cm
- Perímetro: 37.3 cm

A3: Determinar los parámetros de diseño

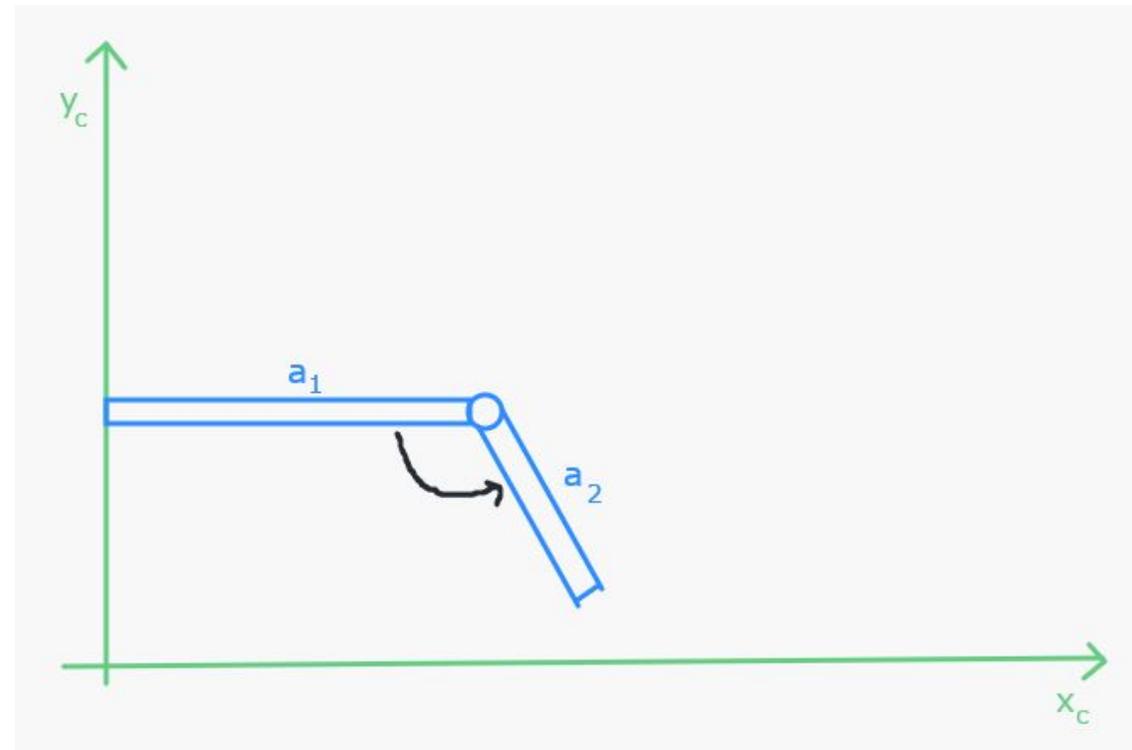
3° Análisis de datos

- El largo de la pieza del muslo: 35 cm
- El largo de la pieza de la pierna: 30 cm
- Grado de flexión: 93°

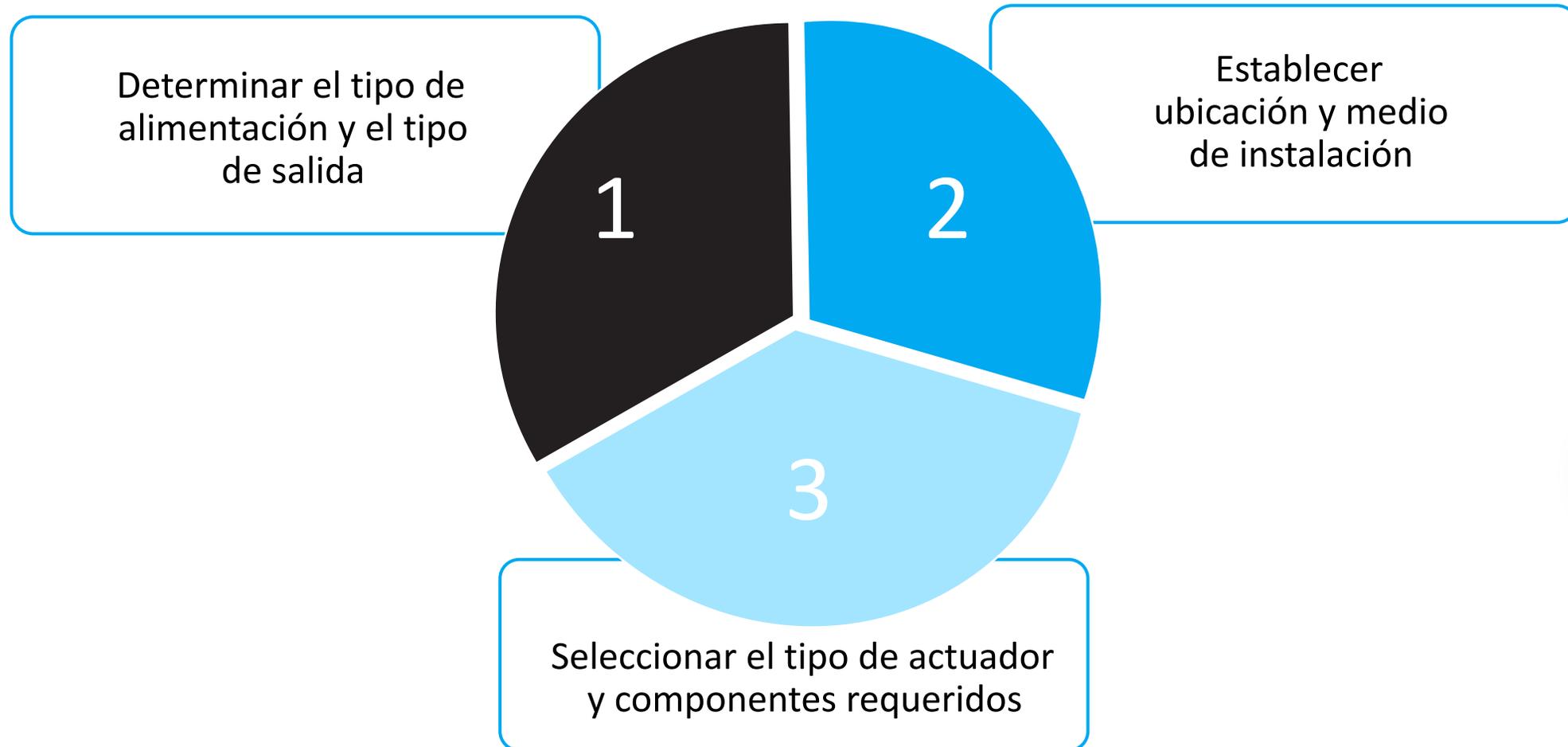
$$\text{Torque} = m_{\text{pierna}} * 0.5 * l_{\text{pierna}}$$

$$\text{Torque} = 7 \text{ kg} * 17 \text{ cm}$$

$$\text{Torque total} = 119 \text{ kgf.cm}$$

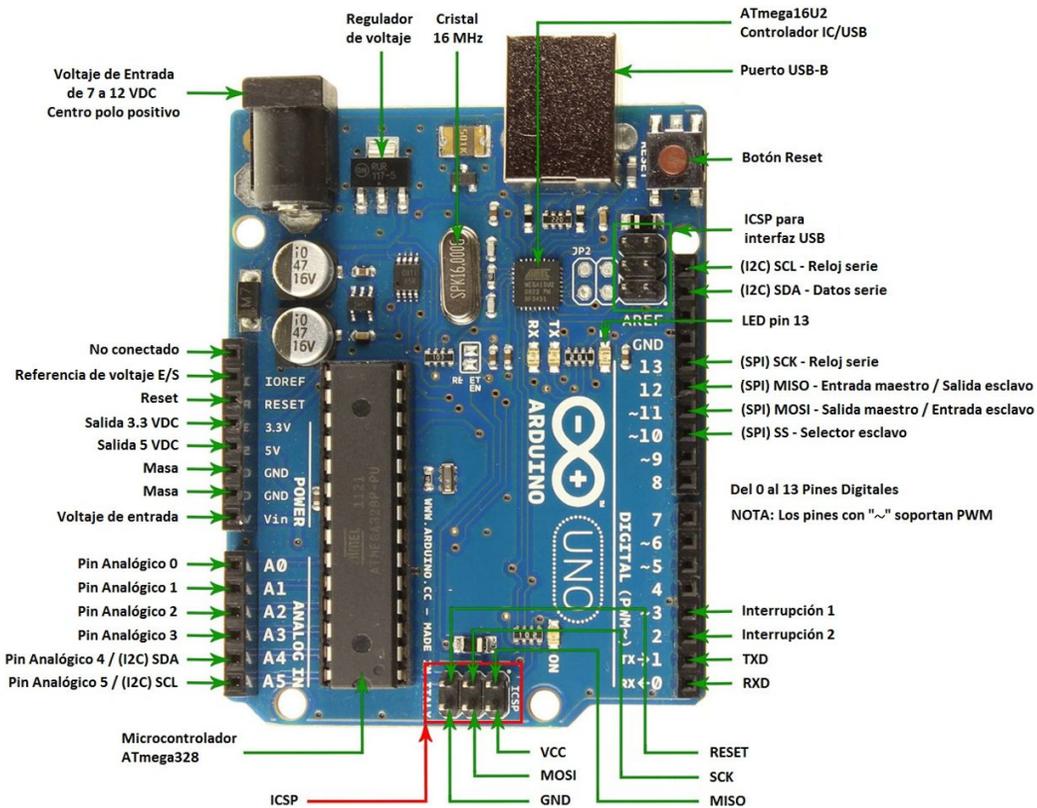


A4: Selección de componentes electrónicos



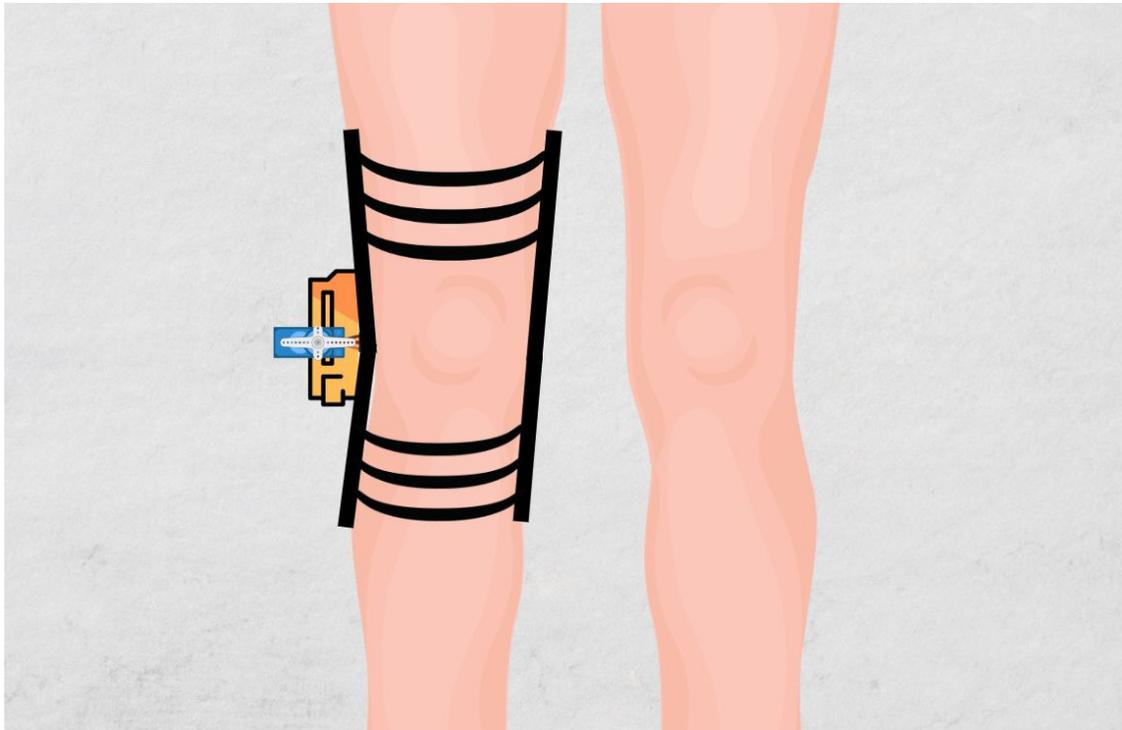
A4: Selección de componentes electrónicos

1° Determinar el tipo de alimentación y el tipo de salida



A4: Selección de componentes electrónicos

2° Establecer ubicación y medio de instalación



A4: Selección de componentes electrónicos

3° Seleccionar el tipo de actuador y componentes requeridos

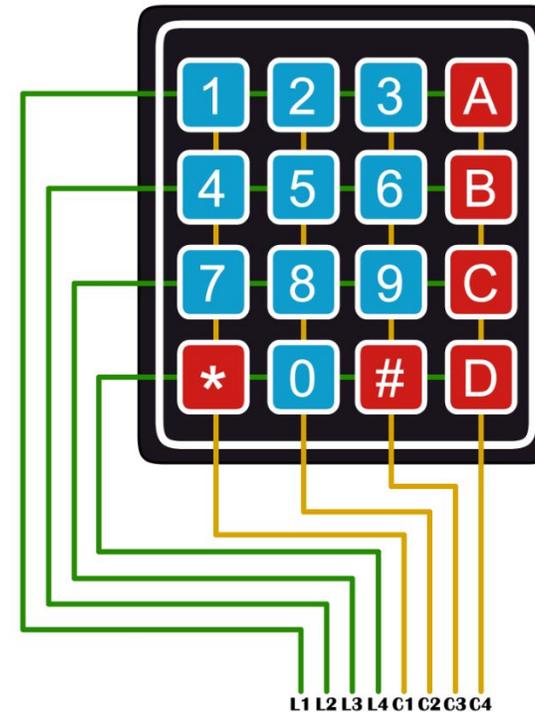


Chihai Motor / GM37-3525

Torsión: 25 kg.cm

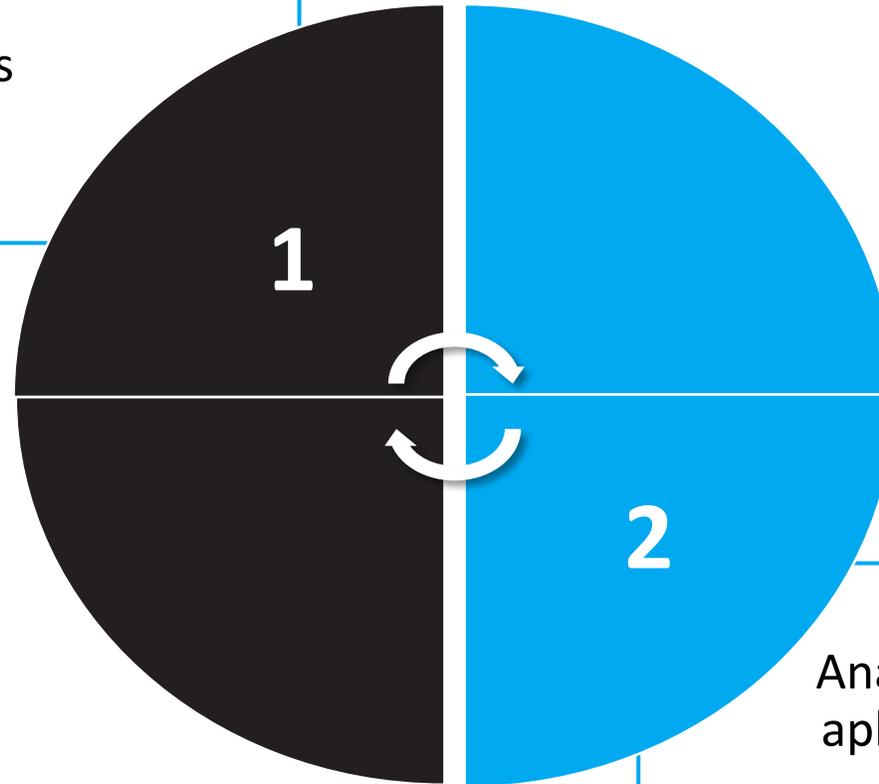
Peso: 110 g

Dimensiones: 37*53 mm



A5: Diseño electrónico y mecánico

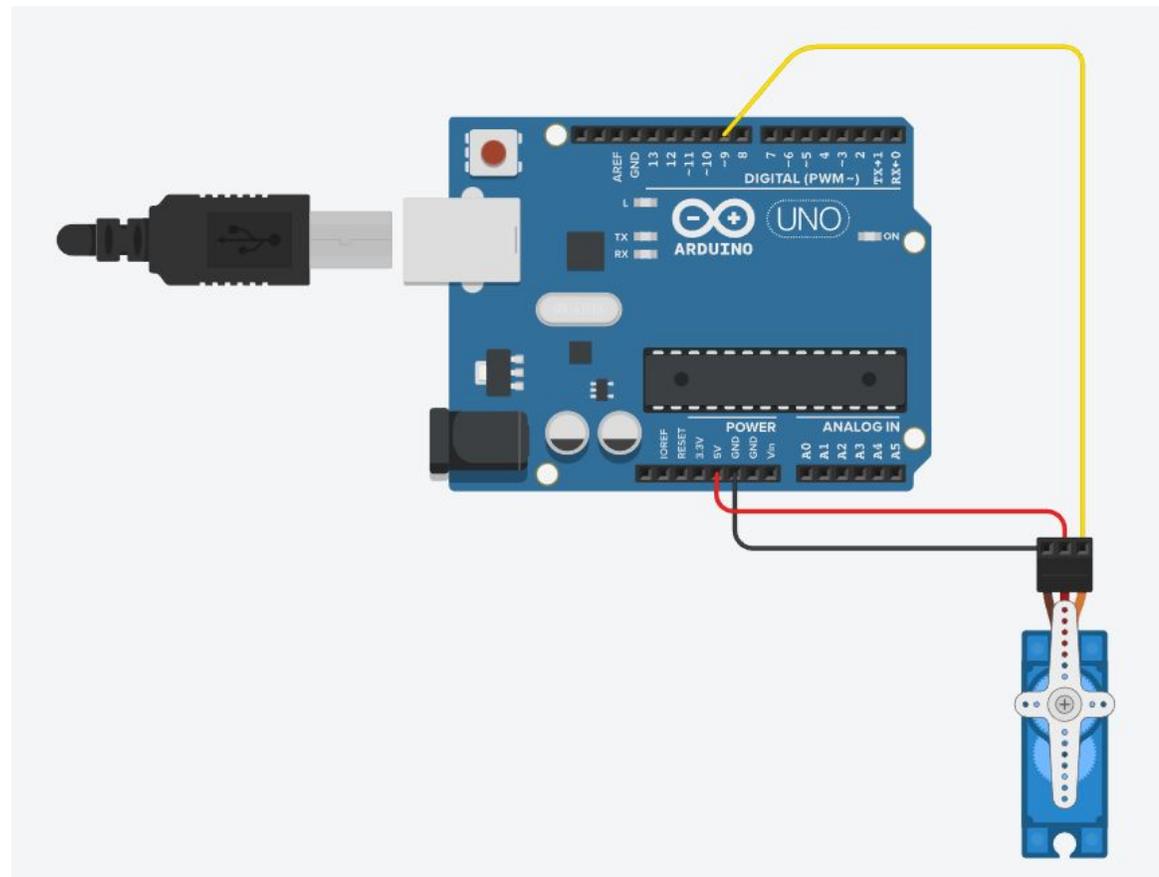
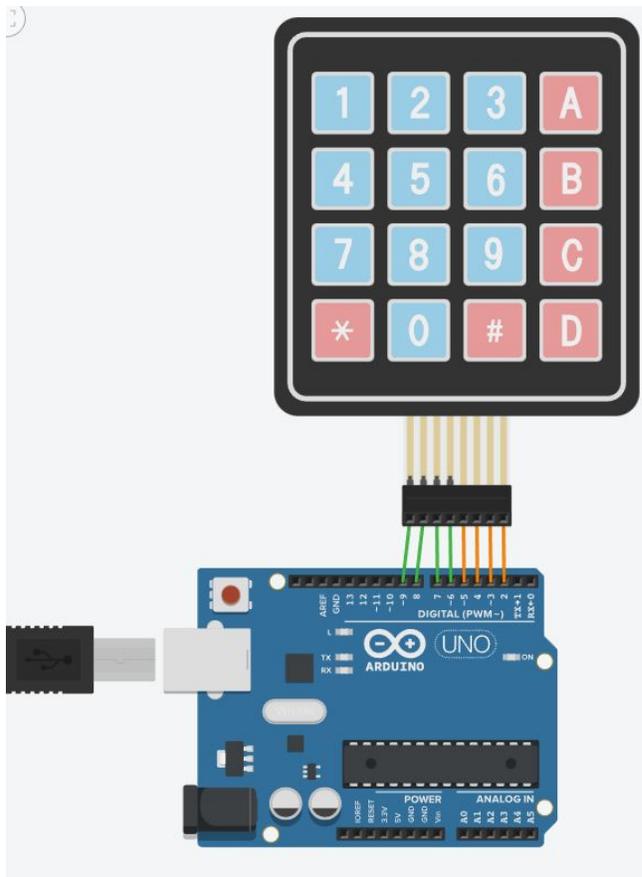
Definir las conexiones
entre componentes



Análisis cinemático
aplicado

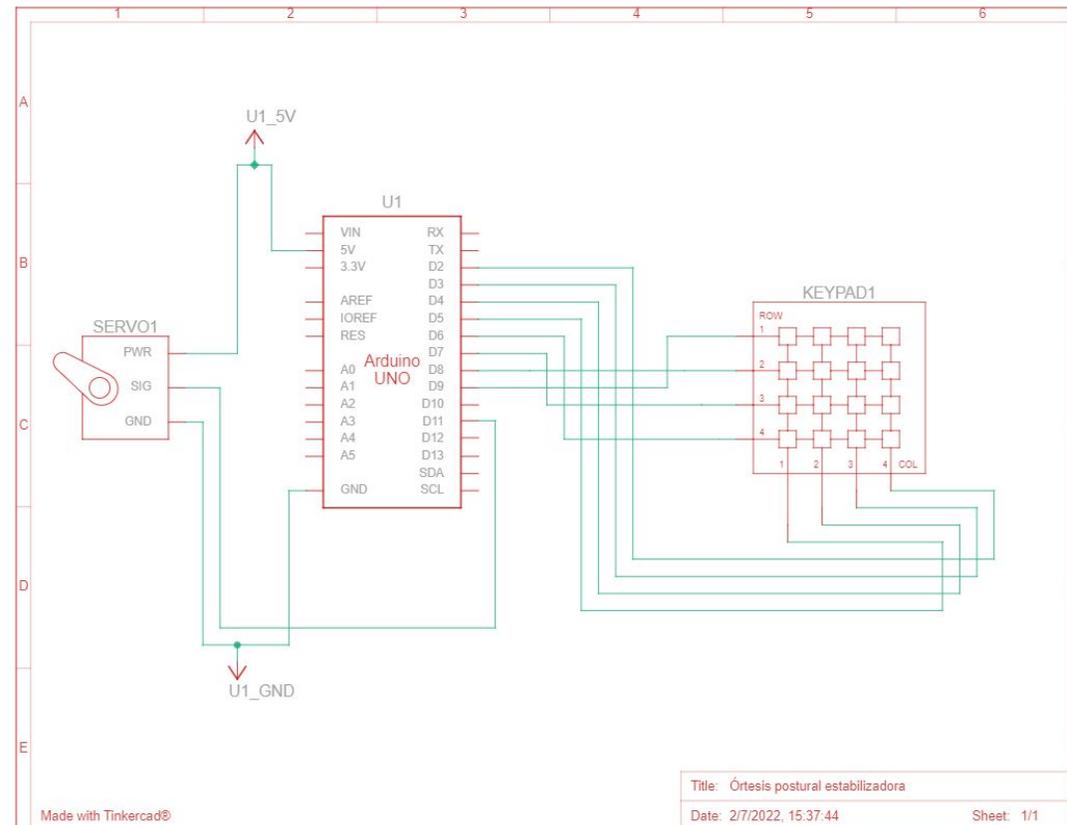
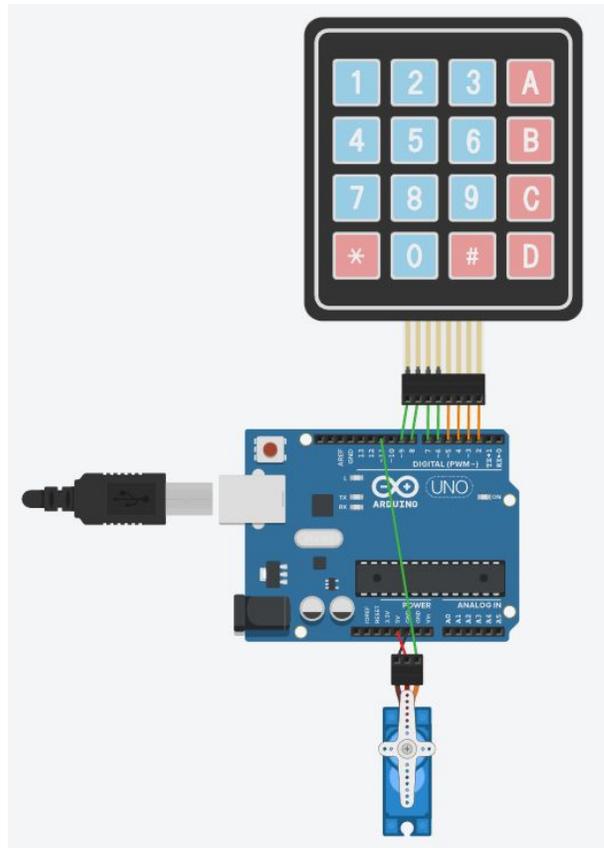
A5: Realizar el diseño electrónico y mecánico

1° Diseño Electrónico: Componentes



A5: Realizar el diseño electrónico y mecánico

1° Diseño Electrónico: Integración

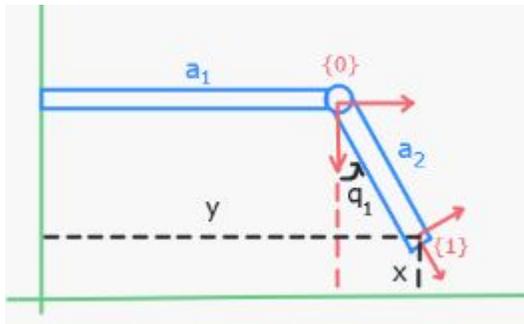


A5: Realizar el diseño electrónico y mecánico

2° Diseño Mecánico - Método Geométrico

Datos del paciente:

- Longitud del fémur:
 $a_1 = 0.35 \text{ m}$
- Longitud de la tibia:
 $a_2 = 0.30 \text{ m}$
- Ángulo de flexión:
 $q_0 = 93^\circ$



$$q_1 = 90^\circ - q_0;$$

$$x = a_1 + a_2 \cdot \sin(q_1)$$

$$y = a_2 \cdot (1 - \cos(q_1))$$

$$z = 0$$

$$T = \begin{bmatrix} x & y & z \\ SE3(\text{rotz}(q_1), T) \end{bmatrix}$$

Modelo matemático :

$$\begin{bmatrix} -0.9900 & 0.1411 & 0 & 0.3343 \\ -0.1411 & -0.9900 & 0 & 0.0004111 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

A5: Realizar el diseño electrónico y mecánico

2° Diseño Mecánico - Método Euler

```

%% CODIGO METODO DE EULER EN MATLAB

clear all; close all;
% alpha = deg2rad();
% beta = deg2rad();
% gamma = deg2rad();

syms alpha;
syms beta;
syms gamma;

% Construccion de las matrices individuales
z1_rot_Mat = [cos(alpha) -sin(alpha) 0;
              sin(alpha)  cos(alpha) 0;
              0           0          1];

x_rot_Mat = [1      0      0
              0  cos(beta) -sin(beta);
              0  sin(beta)  cos(beta)];

z2_rot_Mat = [cos(gamma) -sin(gamma) 0;
              sin(gamma)  cos(gamma) 0;
              0           0          1];

% Combinacion de rotacion de la matriz
R = z1_rot_Mat * x_rot_Mat * z2_rot_Mat;

% convertir a grados/ inversa

alp = atan2(R(1, 3), -R(2, 3));
bet = atan2(sqrt((R(1, 3)^2 + R(2, 3)^2)), R(3, 3));
gam = atan2(R(3, 1), R(3, 2));

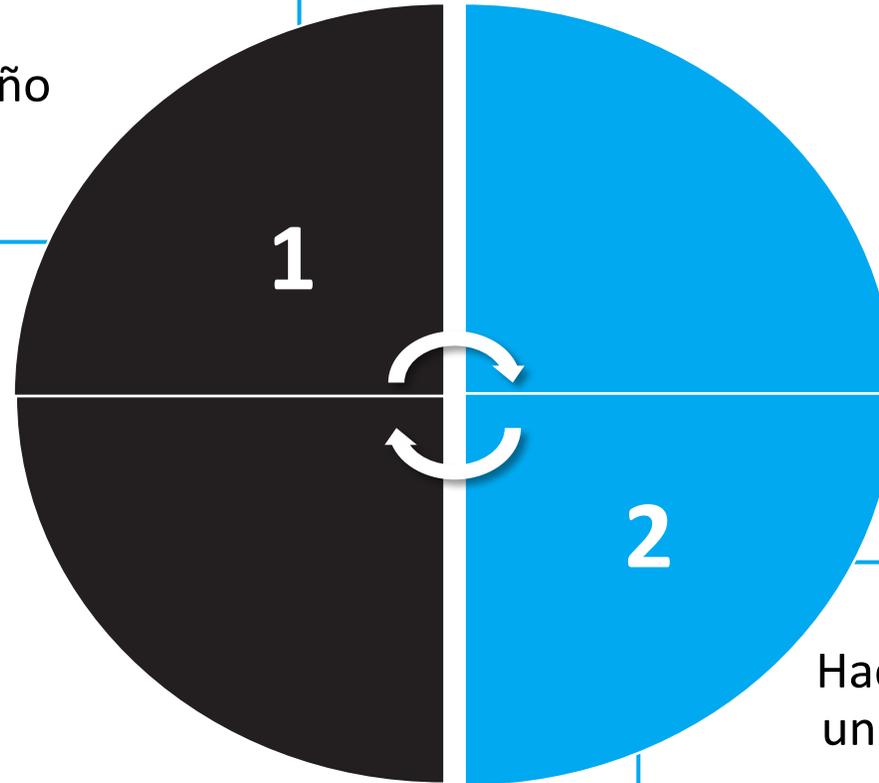
```

Modelo matemático:

$$R = \begin{bmatrix} 0.5000 & -0.8660 & 0 \\ 0.8660 & 0.5000 & 0 \\ 0 & 0 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

A6: Integrar los parámetros de diseño

Integrar parámetros mecánicos en el diseño electrónico



Hacer el diseño en un software

A6: Integrar los parámetros de diseño

1° Integrar parámetros mecánicos en el diseño electrónico

```

1 #include <Servo.h>
2 #include <Keypad.h>
3
4 const byte filas = 4; //Byte utiliza 8 bits
5 const byte columnas = 4; //Byte utiliza 8 bits
6 byte pinesFilas [] = {9,8,7,6};
7 byte pinesColumnas [] = {5,4,3,2};
8 char teclas[4][4] = {{'1','2','3','A'},
9                      {'4','5','6','B'},
10                     {'7','8','9','C'},
11                     {'*','0','#','D'}};
12
13 Keypad teclado1 = Keypad( makeKeymap(teclas), pinesFilas, pinesColumnas, ...
14                          filas, columnas);
15
16 //Variable donde almacenaremos el valor del potenciómetro
17 float valor;
18 const byte pinServo = 11;
19 Servo servoMotor;
20
21 void setup() {
22     //Inicializamos la comunicación serial
23     Serial.begin(9600);
24     servoMotor.attach(pinServo);
25
26     //Escribimos por el monitor serie mensaje de inicio
27     Serial.println("Teclado 4x4 con Biblioteca Keypad");
28
29 }
30
31 void loop() {
32     //Verifica si alguna tecla fue presionada
33     char tecla_presionada = teclado1.getKey();
34
35     switch(tecla_presionada){
36         case '1': //De 0 a 60
37             valor = 60;
38             break;
39         case '2': //De 0 a 90
40             valor = 90;
41             break;
42         case '3': //De 0 a 100
43             valor = 100;
44             break;

```

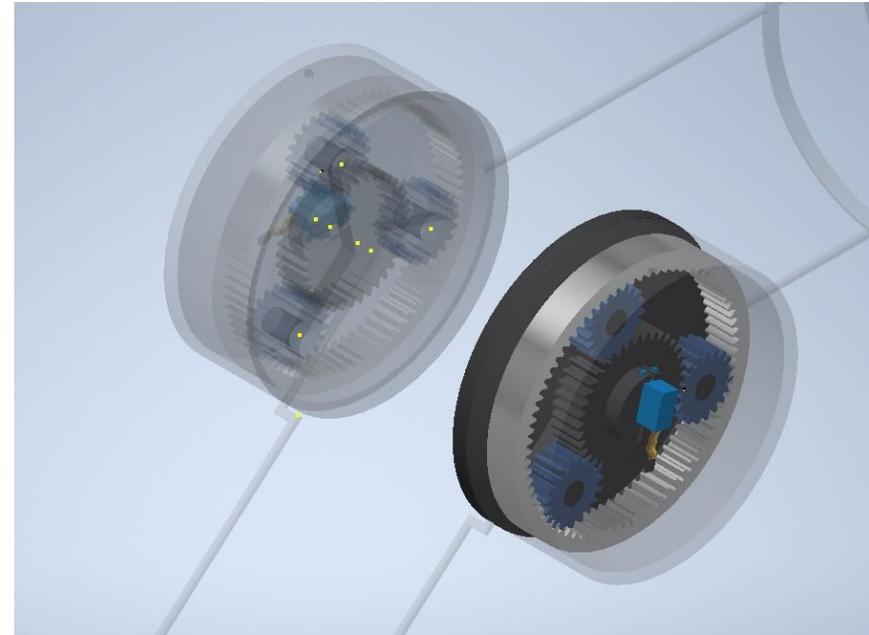
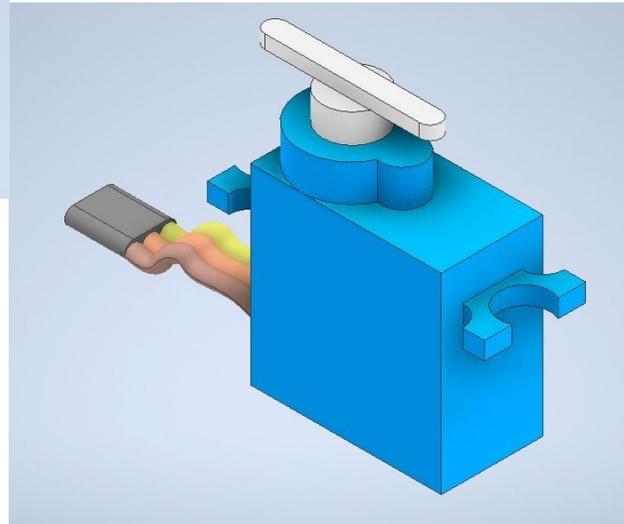
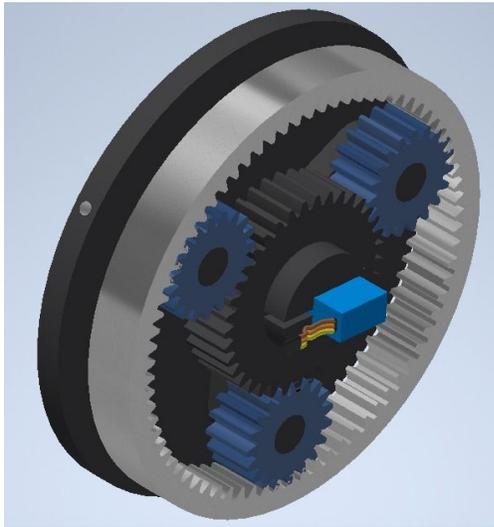
```

45         case '4': //De 0 a 110
46             valor = 110;
47             break;
48         case '5': //De 0 a 120
49             valor = 120;
50             break;
51         case '6': //De 0 a 130
52             valor = 130;
53             break;
54         case '7': //De 0 a 140
55             valor = 140;
56             break;
57         case '8': //De 0 a 150
58             valor = 150;
59             break;
60         case '9': //De 0 a 160
61             valor = 160;
62             break;
63         default:
64             valor = 0;
65             break;
66     }
67     if(tecla_presionada){
68         Serial.print("Tecla: ");
69         Serial.println(tecla_presionada);
70         Serial.print("Moviendo hasta este angulo: ");
71         Serial.println(valor);}
72
73
74     //Imprimimos por el monitor serie
75     for(int i=0; i<=valor; i+=5){
76         delay(100);
77         servoMotor.write(i);
78     }
79     for(int i=valor; i>=0; i-=5){
80         delay(100);
81         servoMotor.write(i);
82     }
83
84 }

```

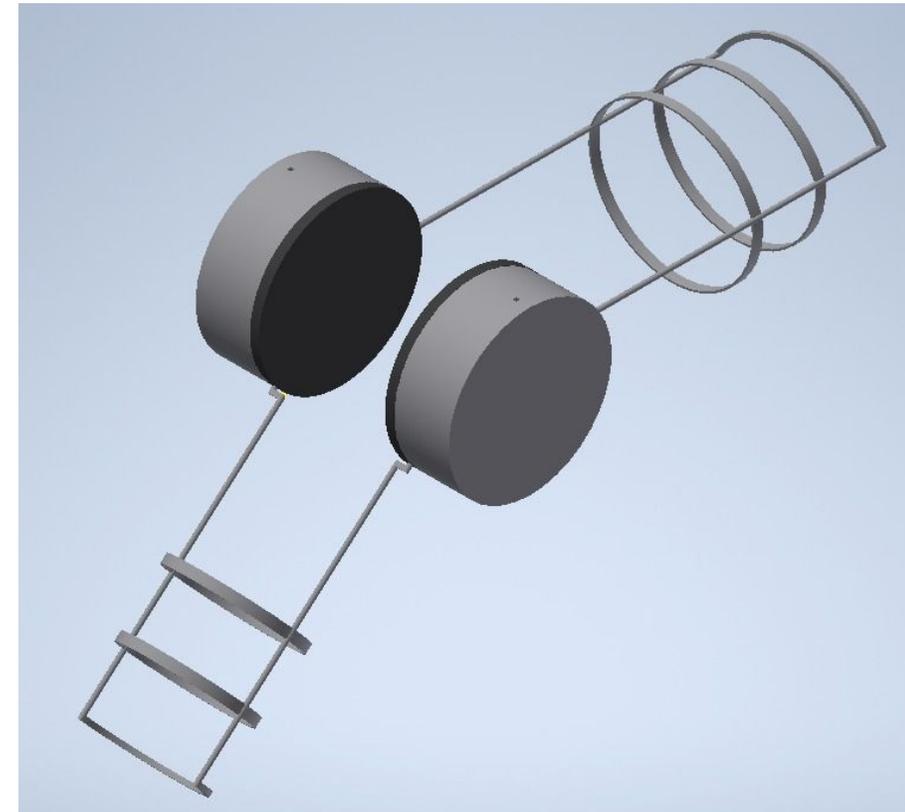
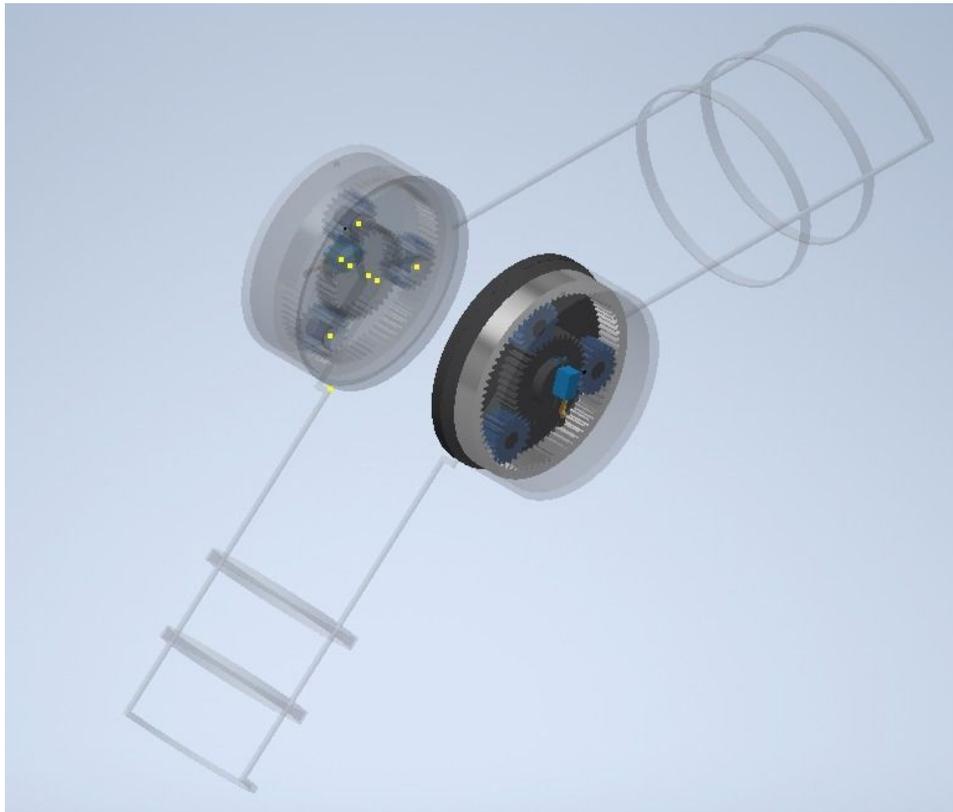
A6: Integrar los parámetros de diseño

2° Hacer el diseño en un software



A6: Integrar los parámetros de diseño

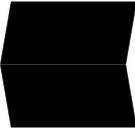
2° Hacer el diseño en un software



Conclusiones

- Se cumplió con el objetivo general al diseñar una ortesis pasiva y activa para adultos mayores con gonartrosis, para lo cual fue óptimo dividir la realización de este proyecto en etapas mediante la técnica del IDEF 0.
- Se corroboró las fuentes bibliográficas mediante el análisis morfológico y del cual también fue definido el tema en específico.
- Se definieron las medidas antropométricas en pacientes de 40 a 60 años las cuales se utilizaron para realizar el análisis cinemático de la rodilla.
- Para tratar correctamente la gonartrosis se definió ángulos para la recuperación del movimiento de rodilla de flexión a extensión de manera gradual.
- Se seleccionó el actuador adecuado para el movimiento de la rodilla de extensión y compresión teniendo en consideración el peso de este y tamaño de acuerdo a su torque, también se definió el microcontrolador como Arduino por su facilidad al implementarlo.
- Se implementó en Tinkercad el sistema eléctrico para lo cual se necesitó los ángulos de la rodilla como data para poder definir los parámetros al realizar el diseño de la ortesis final.
- Se logró diseñar la ortesis en Inventor Autodesk con los materiales más óptimos como el velcro y la fibra de carbono que aseguran la resistencia de nuestra ortesis.

Conclusiones

 Diseñar una órtesis pasiva y activa para adultos mayores con gonartrosis

 Se corroboró las fuentes bibliográficas con análisis morfológico

 Se seleccionó el actuador y microcontrolador adecuados

 Se definió las medidas antropométricas en el paciente

 Se implementó el sistema eléctrico en Tinkercad

 Se definió ángulos de recuperación de flexión a extensión

 Se diseñó la órtesis en Autodesk Inventor (materiales)

Trabajo a futuro

- Plantear ecuaciones dinámicas → torque → motor apropiado.
- Simulación del modelo CAD → parámetros de cinemática directa y orientación.
- Análisis de esfuerzos → Inventor y/o SolidWork
- Impresión 3D el primer prototipo → considerando los materiales → fibra de carbono.
- Pruebas de eficiencia → de forma virtual y a través de proceso de rehabilitación en físico del primer prototipo.
- Implementar sensores → sistema de lazo cerrado → desarrollar un sistema de control PID
- Incorporar el diseño electrónico y mecánico de forma más compacta a través de una placa de circuito impreso.

Trabajo a futuro

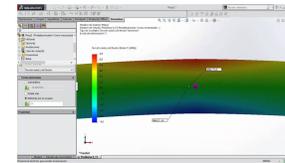
- Plantear ecuaciones dinámicas para escoger el motor apropiado.



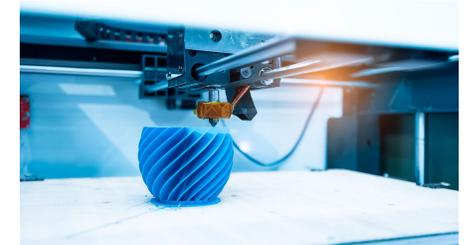
- Simulación CAD para corroborar parámetros de cinemática directa y orientación.



- Análisis de esfuerzos en Inventor y/o SolidWork



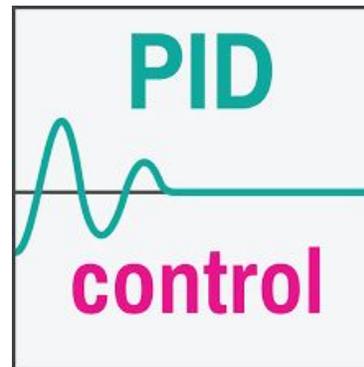
- Impresión 3D el primer prototipo.



- Pruebas de eficiencia de forma virtual y físico del primer prototipo.



- Implementar sensores y control PID



- Placa de circuito impreso.



Referencias

- [1] K. Galli and S. Pelozo. (2017). *Órtesis y prótesis* Monografía Auditoria medica.
- [2] A. Morrás. (2020). *Diseño de órtesis para deambulaci3n en apoyo monopodal* [Tesis de pregrado]. Universidad P3blica de Navarra.
- [3] A. Monterde. (2022). *Qu3 tipos de ortesis existen* Ortoprono. <https://ortoprono.es/blog/ortopedia-tecnica/tipos-de-ortesis/>
- [4] M. G3mez. (2017) *Ajuste de un modelo de rodilla basado en el mecanismo 4R para movimientos planos, usando video an3lisis para capturar el movimiento* [Tesis de Pregrado]. BIBDigital.
- [5] A. Moya. (2017). *Dispositivo acoplable a servomotor para la rehabilitaci3n de la articulaci3n de la rodilla.* [Tesis de pregrado]. Universidad de M3laga.
- [6] A. Sotelo and A. Vilca. (2020). *Diseño de un sistema electromecánico para la recuperaci3n de movilidad de los dedos de la mano.* Editorial.
- [7] B. Siciliano and L. Villani and G. Oriolo. (2008) *Robotics: Modelling, Planning and Control* Springer.
- [8] D. Mundo and G. Danieli. (2010) *Kinematic analysis and performance evaluation of 6R instrumented spatial linkages* <https://www.researchgate.net/publication/>
- [9] E. Grood. (1983) *A Joint Coordinate System for the Clinical Description of Three-Dimensional Motions: Application to the Knee* <https://www.researchgate.net/publication/>
- [10] H. Aguilar and R. L3pez and R. Lozano. (2017) *Adaptive Control in Passive rehabilitation routines using ELLTIO* <http://www.rmib.mx/index.php/rmib/article/view/65>
- [11] H.J. PhD and K.K. PhD and T. Derrick. (2017). *Biomec3nica. Bases del movimiento humano* (Fourth ed.). LWW.
- [12] I. Guzm3n and M. Panesso and M. Trillos. (2008). *Biomec3nica cl3nica de la rodilla* Universidad del Rosario.
- [13] K. Hainaut. (1976) *Introducci3n a la Biomec3nica* (First ed.). JIMS.

Referencias

- [14] L. De Leonardo (2008, mayo). *Diseño y construcción de prototipo de prótesis de rodilla* Universidad de las Américas Puebla.
- [15] M. Spong and M. Vidyasagar and S. Hutchinson. (2020) *Robot Modeling and Control* (2nd ed.). Wiley.
- [16] O. Ramos. (2021) *Fundamentos de Robótica-Tema 3: Cinemática Directa I*. Universidad de Ingeniería y Tecnología <http://oramosp.epizy.com/teaching/notes.pdf>
- [17] D. Mundo and G. Danieli. (2010) *Kinematic analysis* Nombre de la revista. Año y mes. Numeracion de la pagina.
- [18] Aguilera, J., Gutiérrez, G. y Pérez, J. (2007) Actualidades en la cirugía de reconstrucción articular de la rodilla *Reumatología clínica*, 3, S54-S56. <https://www.reumatologiaclinica.org/es-pdf-13111161>
- [19] Baez, A., Taipe, I. y Espíritu, N. (2020) Factores asociados a gonartrosis en pacientes mayores de 40 años atendidos en el Hospital Santa Rosa- 2018. *Horizonte Médico (Lima)*, 20(4), e1119. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2020.v20n4.03>

Referencias

- [20] Burgos-Vargas, R., Cardiel, M., Loyola-Sánchez, A. Mendes, M., Pons-Estel, B., Rossignol, M., Avouac, B., Bosi, M y Halhol, H. (2014). Characterization of knee Osteoarthritis in Latin America. A comparative Analysis of Clinical and Health Care Utilization in Argentina, Brazil, and Mexico. *Reumatología Clínica*, 10(3), 152-159 <https://www.reumatologiaclinica.org/es-pdf-S1699258X13002064>
- [21] Cortes, M. (2013) *Gonartrosis, presentación de un caso y revisión de la literatura* [Tesis de pregrado, Escuela Universitaria de Fisioterapia Izquierdo, Universidad de Valladolid, España]. Repositorio Documental de la Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/2571/1/TFG%20JAVIER%20MATEO.pdf>
- [22] Gomar, V. (2014) *Guía de Patologías y sus indicaciones ortésicas*. España: PRIM Ortopedia. https://international.prim.es/images/products_pdf/patologias_catalogo_es.pdf
- [23] Huaman, J. (2020) *Factores causales para indicación de cirugía en pacientes artrósicos de cadera – rodilla del Hospital Sergio E. Bernales, 2016- 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Privada San Juan Bautista]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada San Juan Bautista. <http://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/upsjb/2599>
- [24] Instituto de Evaluación de Tecnología en Salud e Investigación. (2016) *Carga de enfermedad asociada a la artrosis en la población atendida en el seguro social de salud del Perú durante el 2016* http://www.essalud.gob.pe/ietsi/pdfs/direcc_invest_salud/1Carga_de_enfermedad_asociada_a_la_artrosis.pdf

Referencias

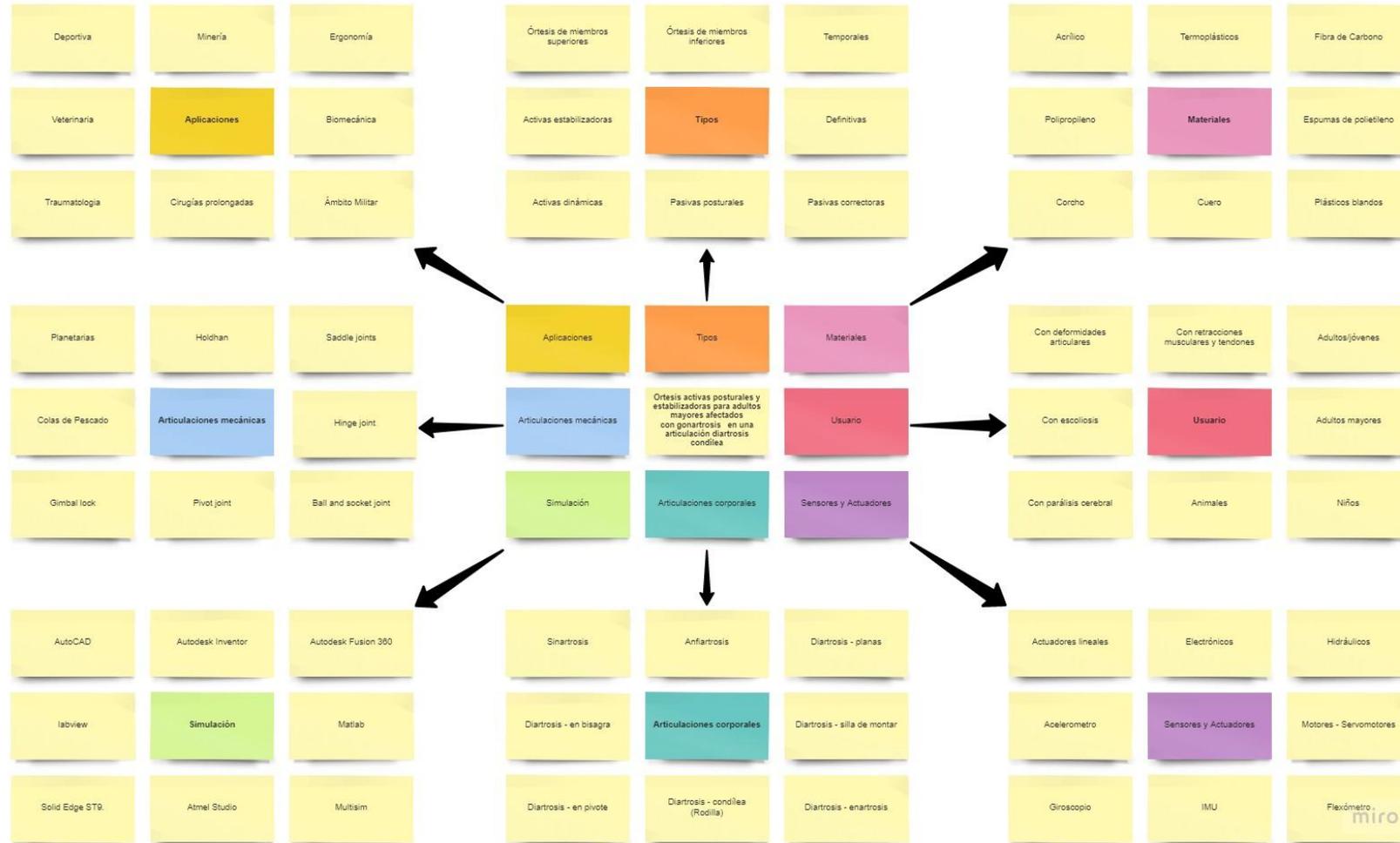
- [25] Ministerio de Salud del Perú. (2008) *La carga de enfermedad y lesiones en el Perú* Lima: Biblioteca Nacional del Perú <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/2236.pdf>
- [26] Soler-Vizan, E., Luna-Cabrera, F., Rodríguez-Brey, L. (2015) Estrategias biomecánicas conservadoras para la gonartrosis mediante ortesis plantares. *Rehabilitación*, 49 (2),63-69. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2014.12.004>
- [27] Subervier Ortiz, L. (2017) Empleo del ejercicio en la fisioterapia como tratamiento de la osteoartritis de rodilla en adultos mayores *Medigraphic Literatura Biomédica*, 62(1), 44-53. <https://www.medigraphic.com/pdfs/abc/bc-2017/bc171i.pdf>
- [28] Vargas, R. (2018) *Limitación funcional por lesiones de rodilla en pacientes que asisten al departamento de medicina física y rehabilitación del Hospital Regional de Loreto durante el año 2017 utilizando la encuesta KOOS* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/582/VARGAS-1-Trabajo-Limitaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [29] Vargas, R. (2018) *Limitación funcional por lesiones de rodilla en pacientes que asisten al departamento de medicina física y rehabilitación del Hospital Regional de Loreto durante el año 2017 utilizando la encuesta KOOS* [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/582/VARGAS-1-Trabajo-Limitaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gracias

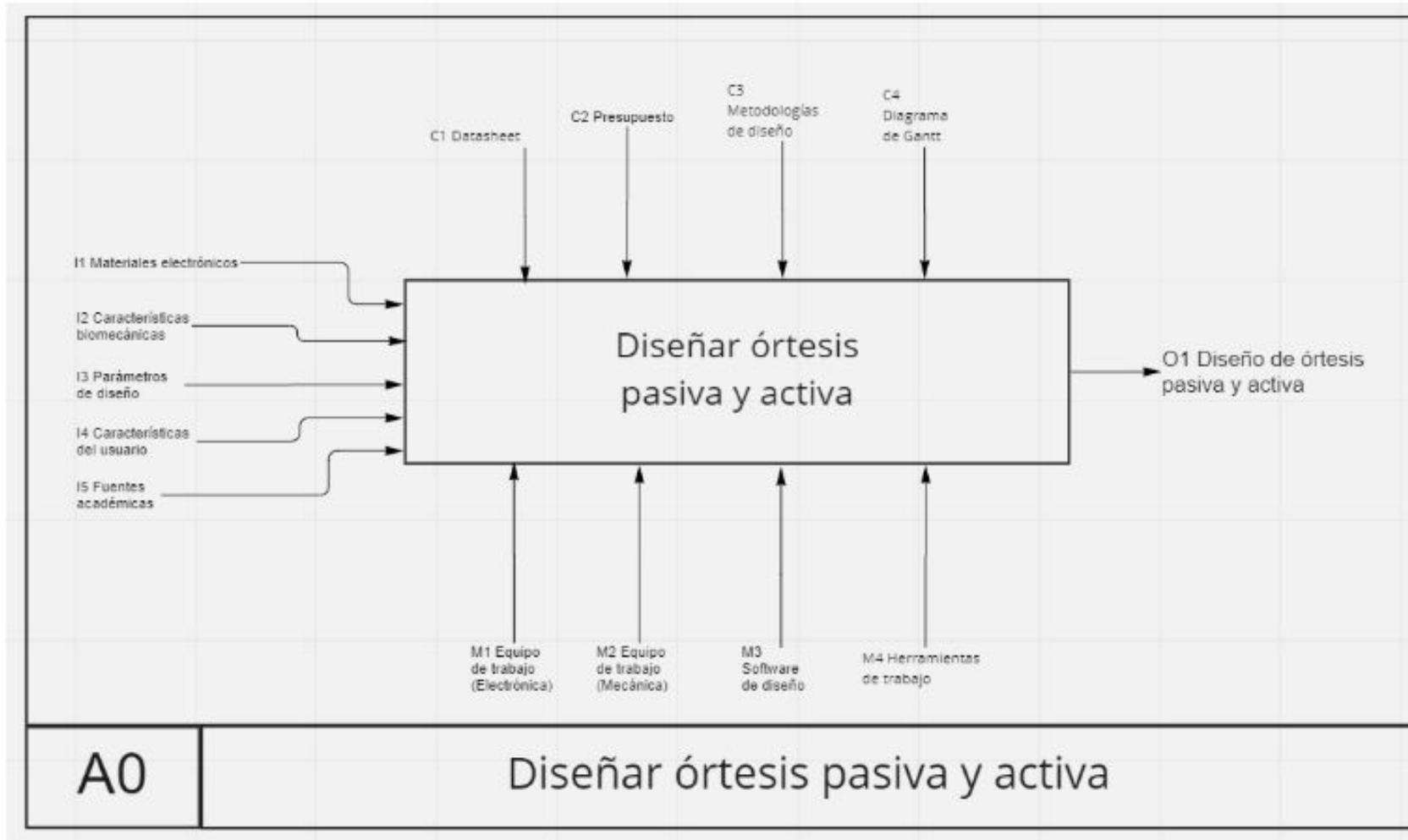
Proyectos Interdisciplinarios III
2022-1



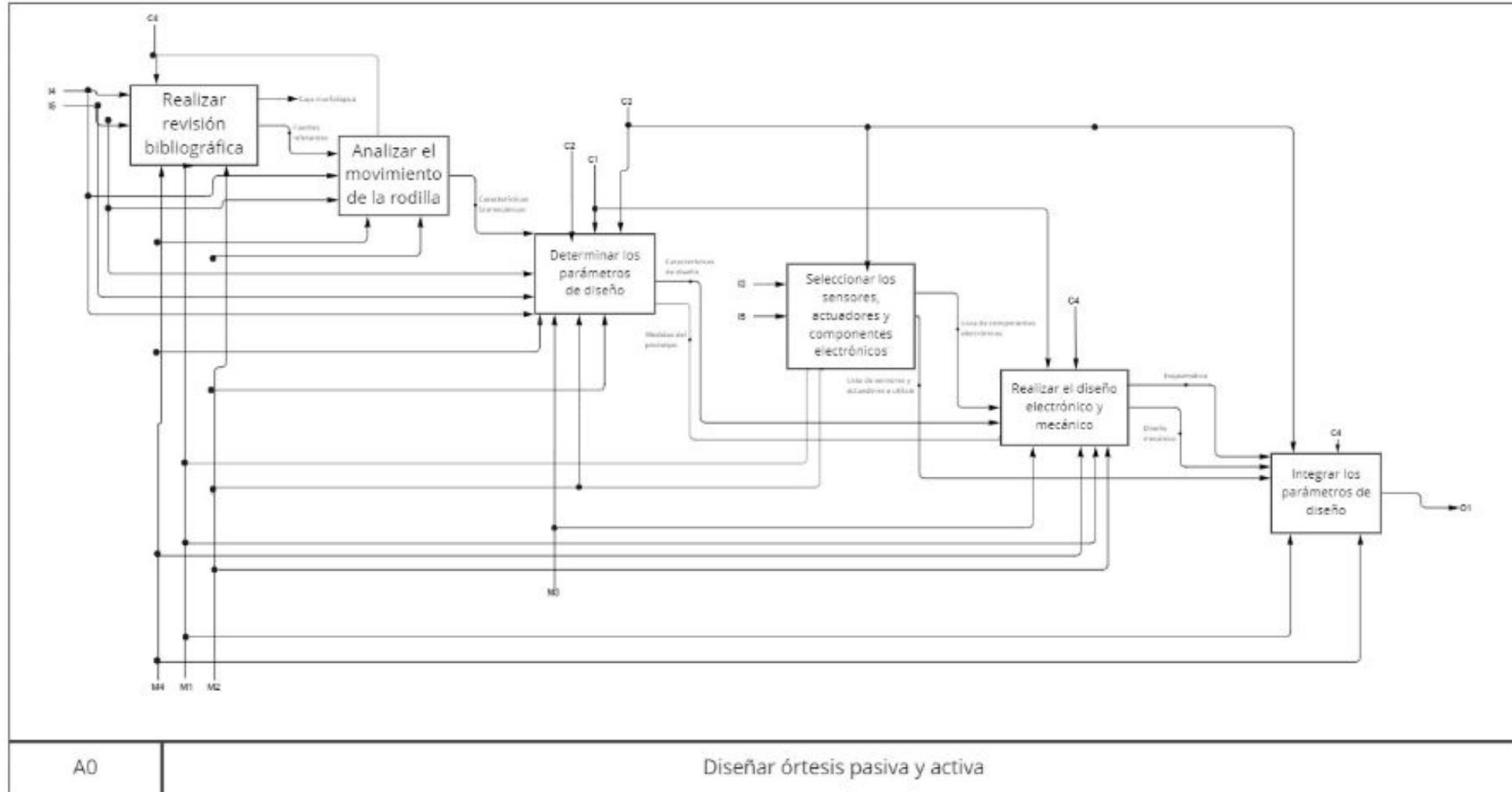
Anexos



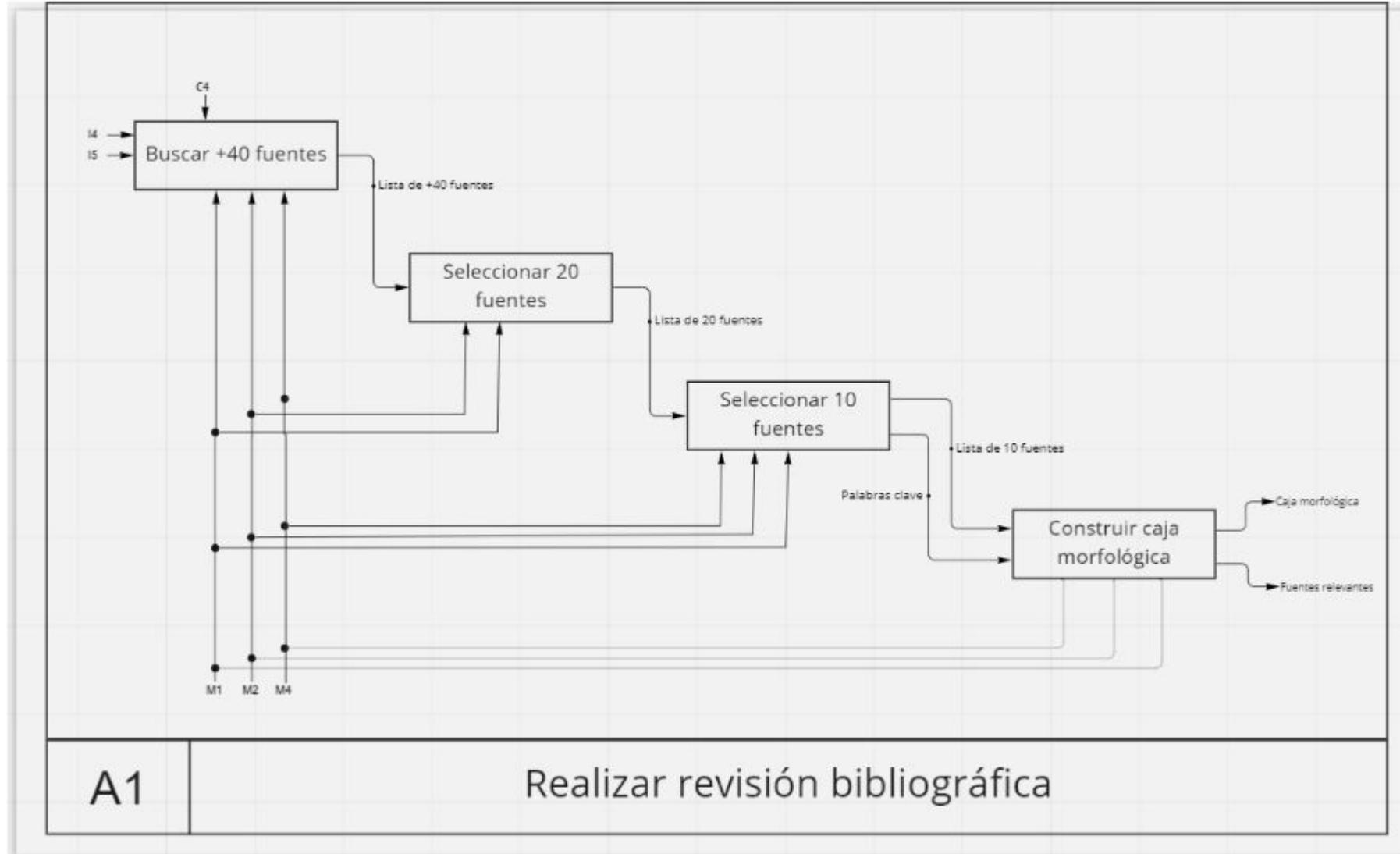
Anexos



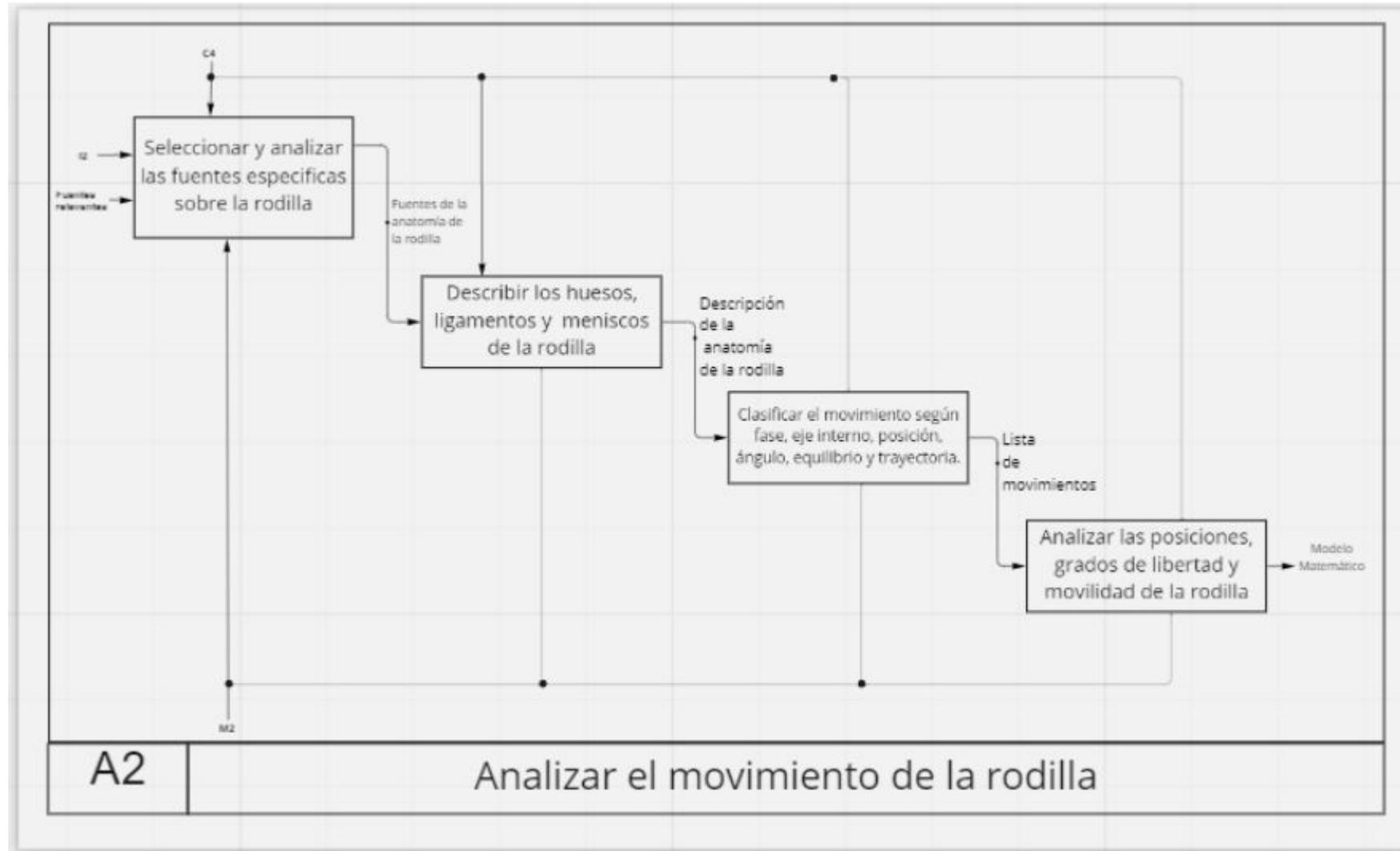
Anexos



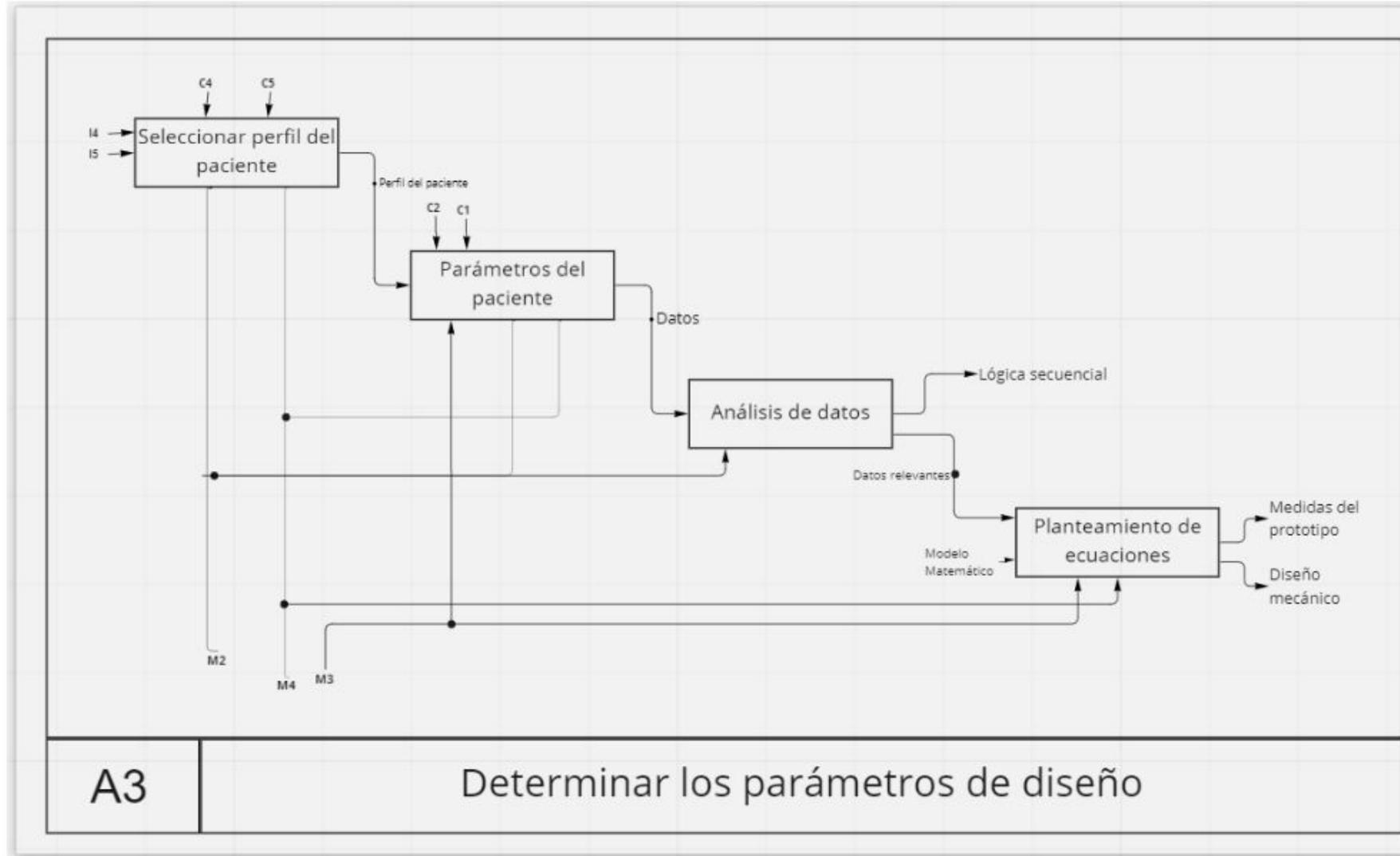
Anexos



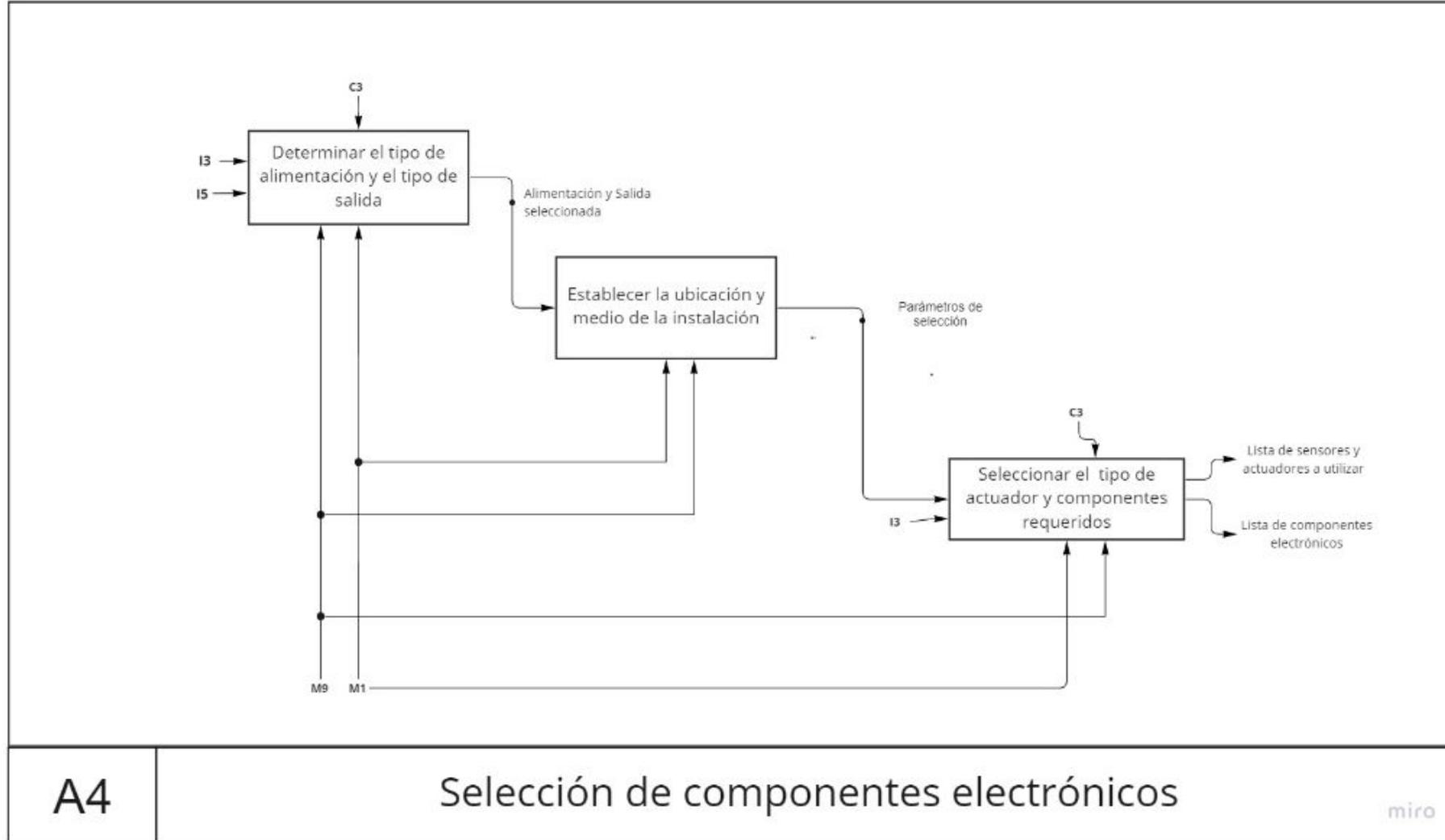
Anexos



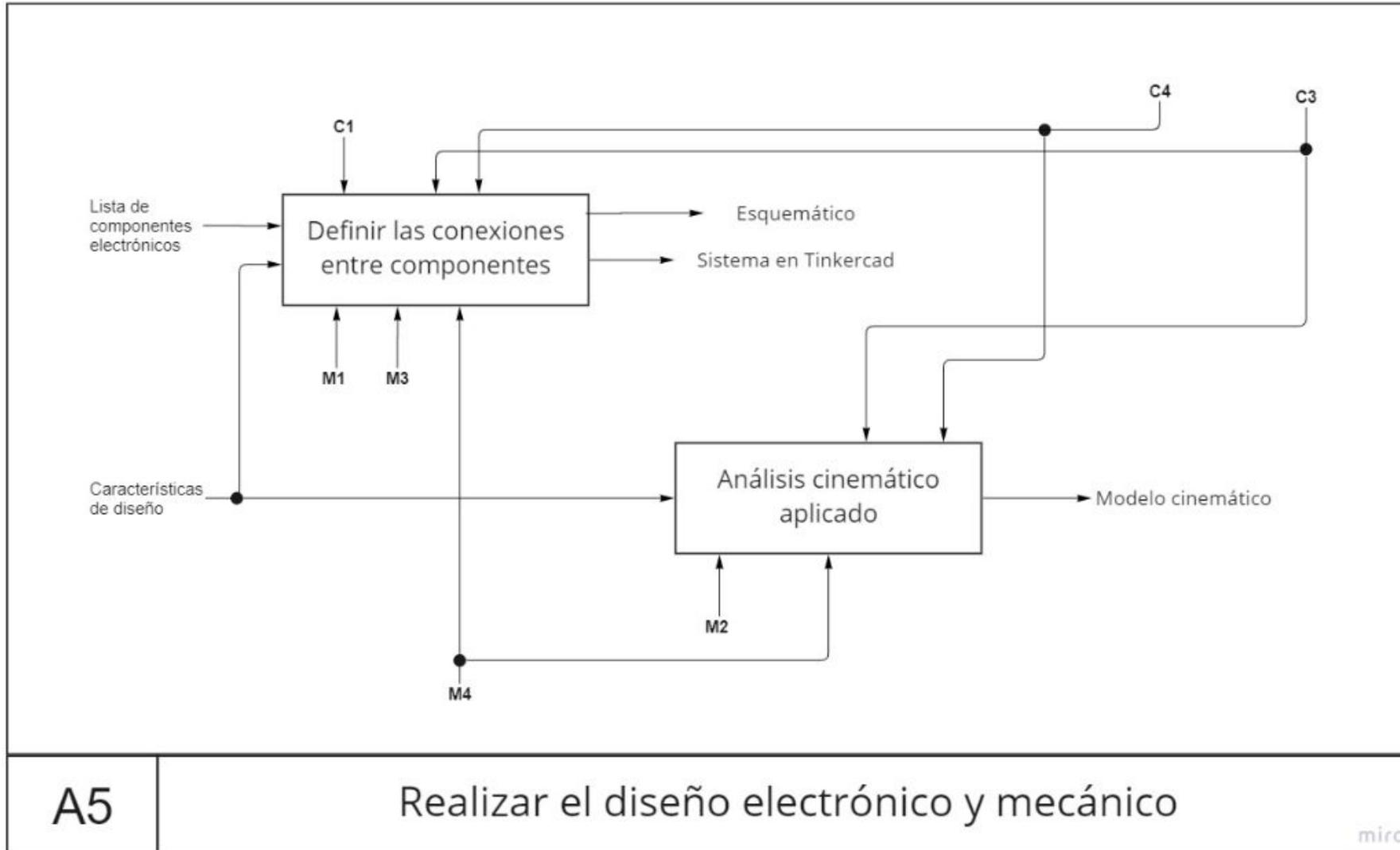
Anexos



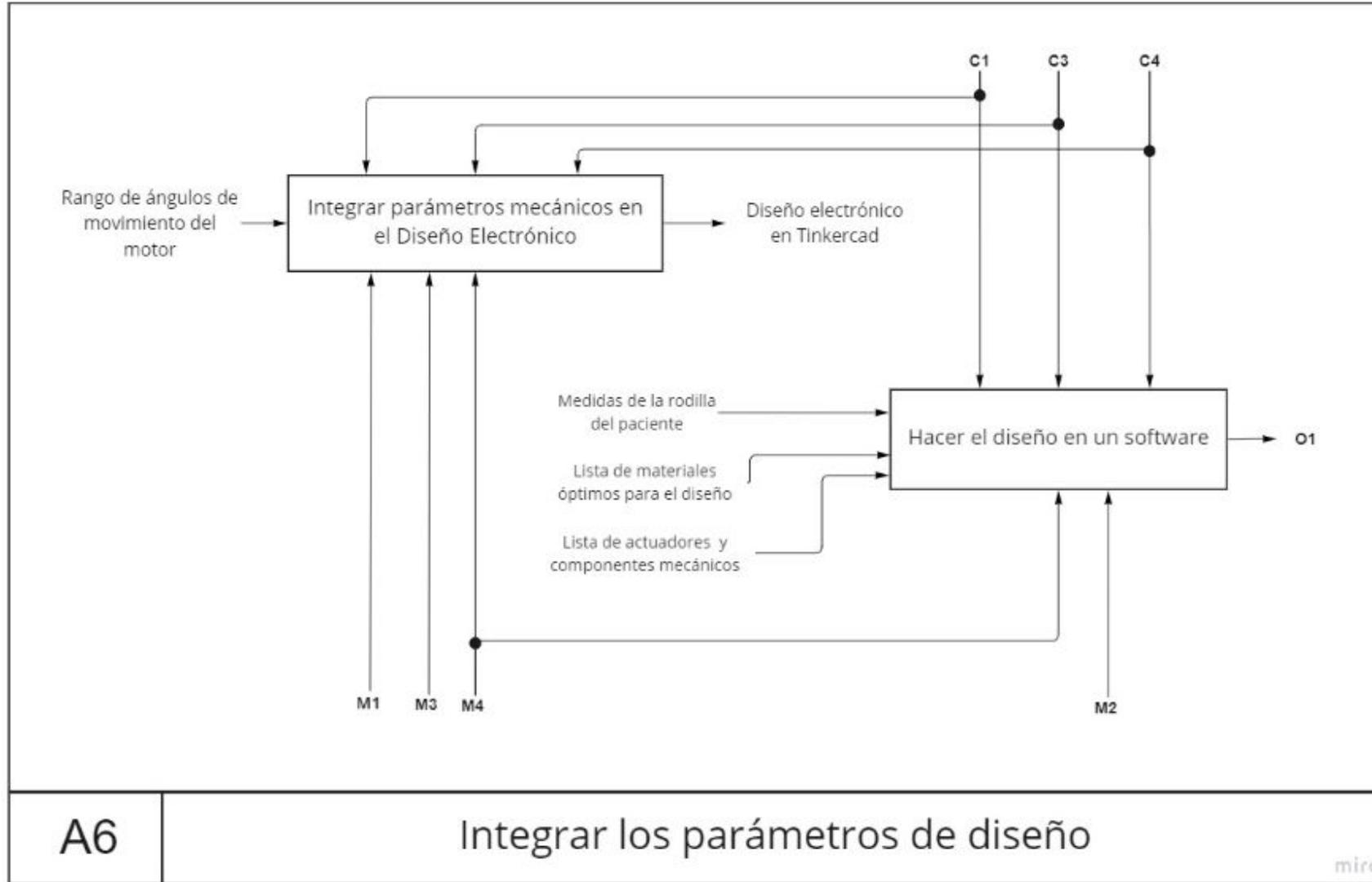
Anexos



Anexos



Anexos



Anexos

```

1 #include <Servo.h>
2 #include <Keypad.h>
3
4 const byte filas = 4; //Byte utiliza 8 bits
5 const byte columnas = 4; //Byte utiliza 8 bits
6 byte pinesFilas[] = {9,8,7,6};
7 byte pinesColumnas[] = {5,4,3,2};
8 char teclas[4][4] = {{'1','2','3','A'},
9                      {'4','5','6','B'},
10                     {'7','8','9','C'},
11                     {'*','0','#','D'}};
12
13 Keypad teclado1 = Keypad( makeKeymap(teclas), pinesFilas, pinesColumnas, filas, ...
14                          columnas);
15
16 //Variable donde almacenaremos el valor del potenciómetro
17 float valor;
18 const byte pinServo = 11;
19 Servo servoMotor;
20
21 void setup() {
22     //Inicializamos la comunicación serial
23     Serial.begin(9600);
24     servoMotor.attach(pinServo);
25
26     //Escribimos por el monitor serie mensaje de inicio
27     Serial.println("Teclado 4x4 con Biblioteca Keypad");
28 }
29
30
31 void loop() {
32     //Verifica si alguna tecla fue presionada
33     char tecla_presionada = teclado1.getKey();
34
35     switch(tecla_presionada){
36         case '1': //De 0 a 60
37             valor = 60;
38             break;
39         case '2': //De 0 a 90
40             valor = 90;
41             break;
42         case '3': //De 0 a 100
43             valor = 100;
44             break;
45         case '4': //De 0 a 110

```

Anexos

```
46     valor = 110;
47     break;
48     case '5': //De 0 a 120
49         valor = 120;
50         break;
51     case '6': //De 0 a 130
52         valor = 130;
53         break;
54     case '7': //De 0 a 140
55         valor = 140;
56         break;
57     case '8': //De 0 a 150
58         valor = 150;
59         break;
60     case '9': //De 0 a 160
61         valor = 160;
62         break;
63     default:
64         valor = 0;
65         break;
66 }
67 if(tecla_presionada){
68     Serial.print("Tecla: ");
69     Serial.println(tecla_presionada);
70     Serial.print("Moviendo hasta este angulo: ");
71     Serial.println(valor);}
72
73
74 //Imprimimos por el monitor serie
75 for(int i=0; i<=valor; i+=5){
76     delay(100);
77     servoMotor.write(i);
78 }
79 for(int i=valor; i>=0; i-=5){
80     delay(100);
81     servoMotor.write(i);
82 }
83
84 }
```