

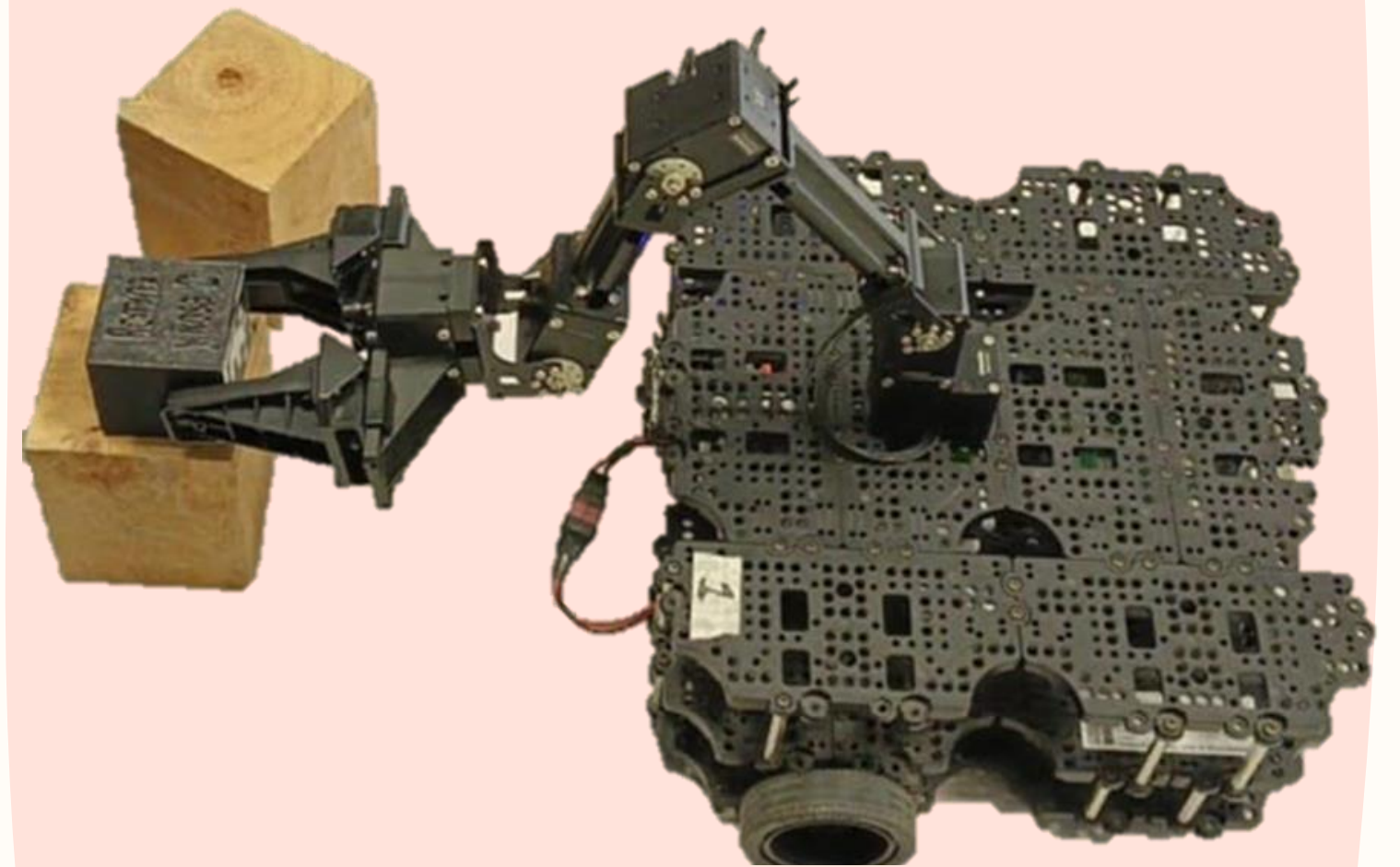
RO-RO

CONTROL VISUAL DE UN MANIPULADOR
MÓVIL PARA LA MANIPULACIÓN DE OBJETOS.

Propuesta

Se busca desarrollar e innovar tecnológicamente la logística en empresas o en las industrias, específicamente en el área de almacenaje, ya que, se propone una forma de detección y traslado de objetos mediante el control de un manipulador móvil.

RR





Introducción

Se combina la habilidad de manejo de un brazo robótico (OpenManipulatorX) con la capacidad de desplazamiento de una plataforma móvil (Turtlebot). Se realiza el control de manera local, es decir, mediante visual servo control para la plataforma móvil y planificación de trayectoria para el manipulador robótico.

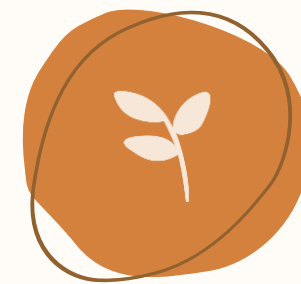
Metodología



Visual Servo Control



Cinemática inversa
(directa y diferencial)



Algoritmo de
evolución diferencial



Planeación de
Trayectoria

Visual Servo Control

01

CALIBRACIÓN

- Proyección en punto 3D a un punto 2D en la imagen (Modelo Pinhole).
- Parámetros de la cámara en base los parámetros intrínsecos y extrínsecos.

02

MATRIZ DE INTERACCIÓN ENTRE PUNTO 2D Y PUNTO 3D

$$s = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \text{ punto 2D}$$

$$X = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \text{ punto 3D}$$

Matriz de Interacción

$$L_s = \begin{bmatrix} -\frac{1}{Z} & 0 & \frac{x}{Z} & xy & -(1+x^2) & y \\ 0 & -\frac{1}{Z} & \frac{y}{Z} & 1+y^2 & -xy & -x \end{bmatrix}$$

Visual Servo Control

03 ACCIÓN DE CONTROL VISUAL

$$v_c = -\lambda * (Lx * V)^+ * e$$

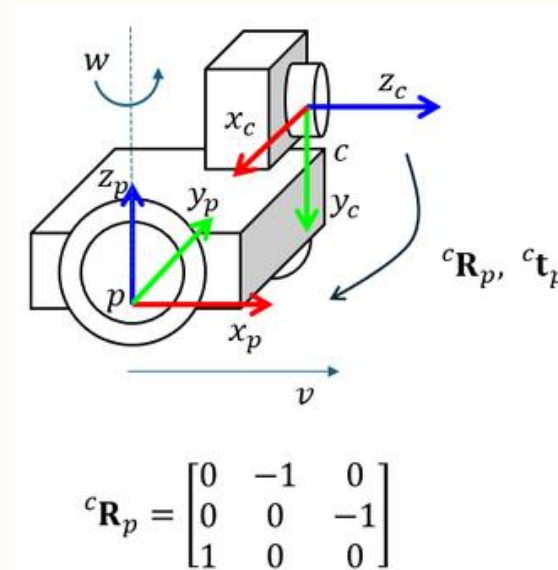
$\lambda \rightarrow$ Ganancia positiva de ajuste

$Lx \rightarrow$ Matriz de interacción

$V \rightarrow$ Mapeo de las velocidades del marco de referencia de cámara a plataforma

$e \rightarrow$ Error en las distancias deseadas y estimadas respecto al objeto $(s - s_d)$

04 MAPEO DE VELOCIDADES DE CAMARA A PLATAFORMA



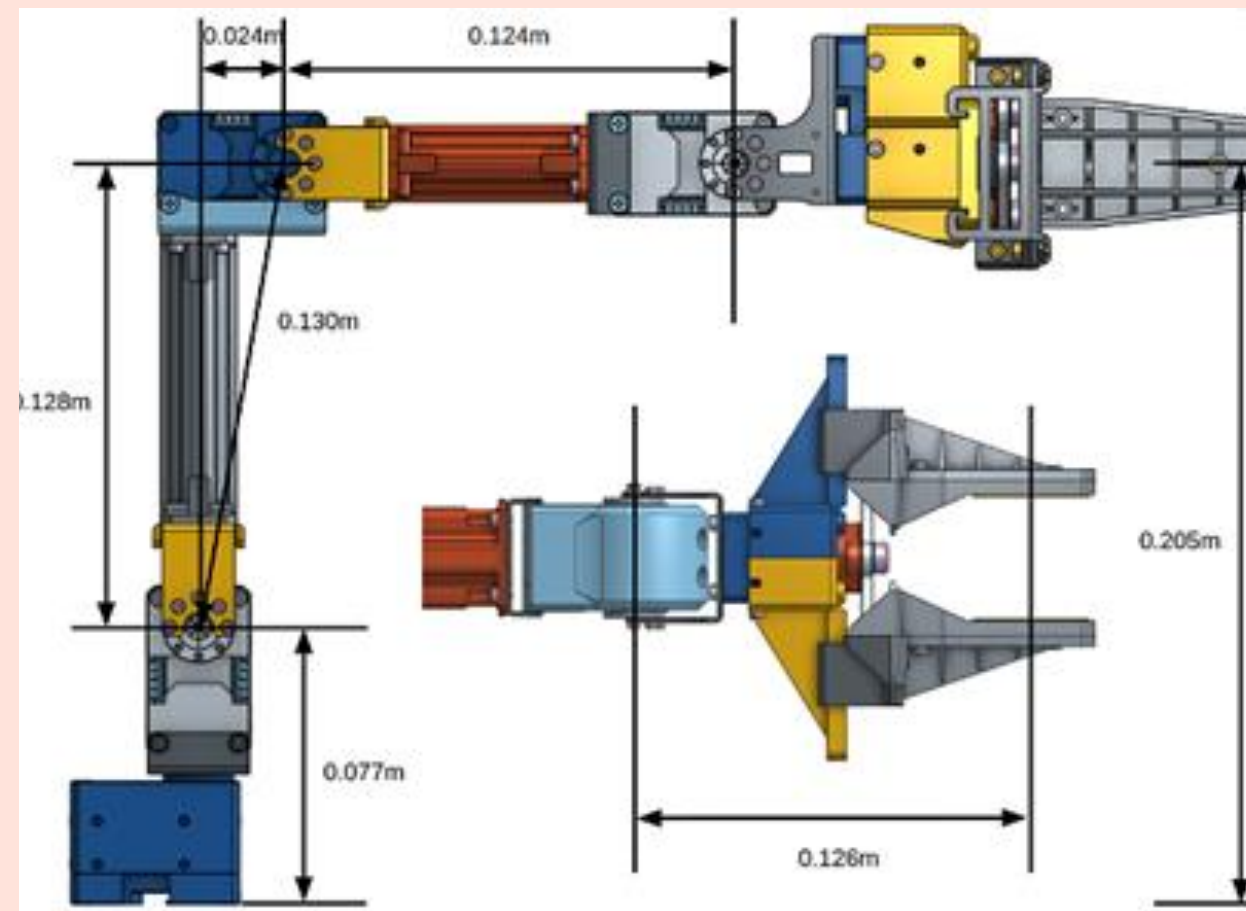
$$V = \begin{bmatrix} {}^cR_p & [{}^c t_p]_x {}^cR_p \\ 0 & {}^cR_p \end{bmatrix}$$

$$[{}^c t_p]_x = \begin{bmatrix} 0 & -t_z & t_y \\ t_z & 0 & -t_x \\ -t_y & t_x & 0 \end{bmatrix}$$

05 MAPEO DE POSICIÓN DEL OBJETO RESPECTO AL MANIPULADOR

```
Rc0 = [0 0 1; -1 0 0; 0 -1 0]; %Matriz de Rotacion del Brazo a la Camara
tc0 = [0.105 0 0.05]'; %Vector de traslacion del Brazo a la camara
Tc0 = [Rc0 tc0; 0 0 0 1]; %Matriz de Transformacion Brazo a Camara
po = [pose.Translation 1]'; %Posicion objeto desde la camara
pd = Tc0*po; %Posicion deseada del objeto desde el brazo
```

RR

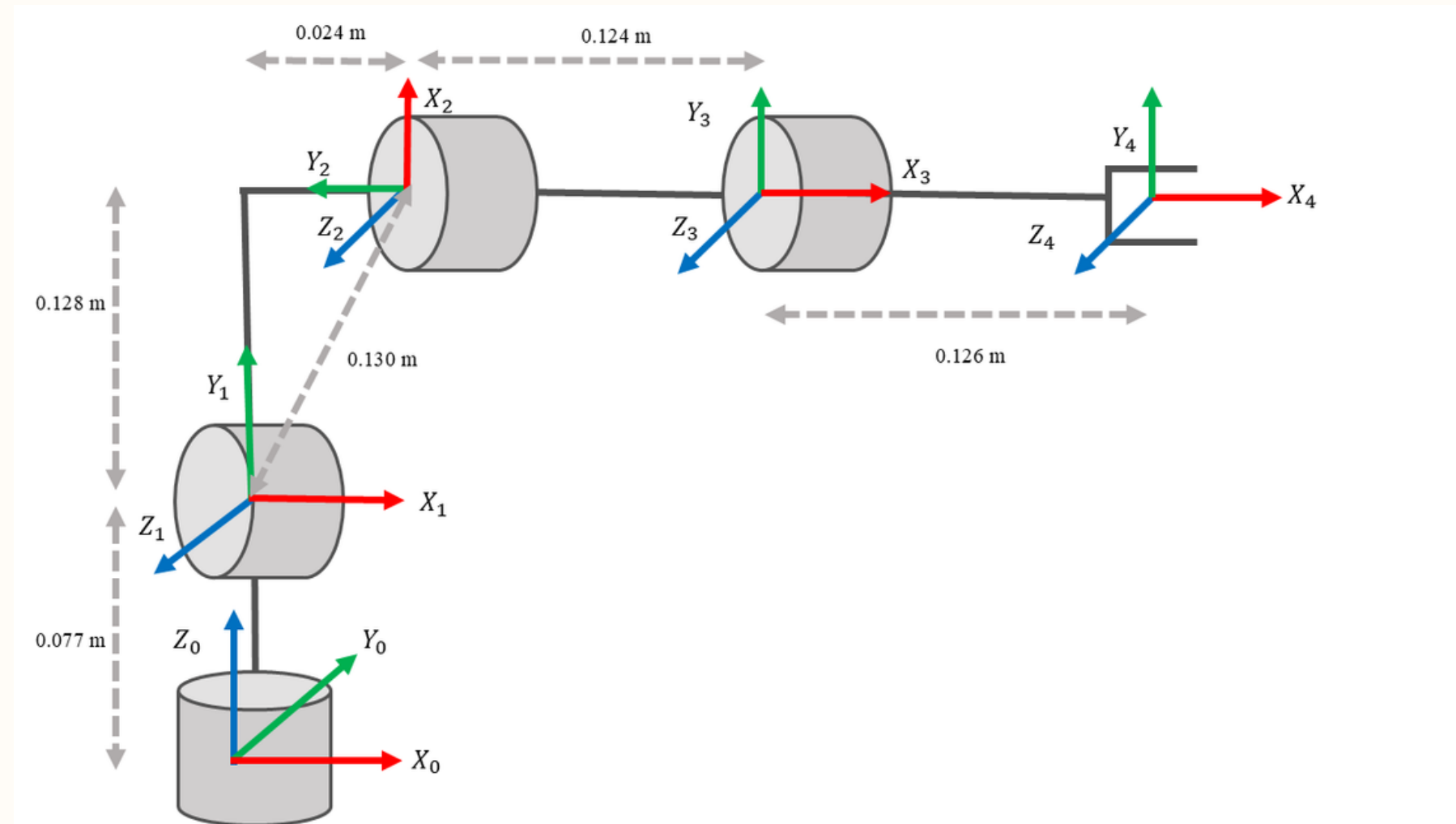


Cinemática Inversa

DIRECTA Y DIFERENCIAL

Cinemática Directa

Modelo Denavit-Hartenberg



Eslabón	a	α	d	θ	offset
1	0	$-\frac{\pi}{2}$	0.077	θ_1	0
2	0.128	0	0	θ_2	$-\frac{\pi}{2}$
3	0.124	0	0	θ_3	$\frac{\pi}{2}$
4	0.126	0	0	θ_4	0

Cinemática Diferencial

Jacobiano Geométrico (lineal/angular)

$$\dot{q} = J^+ * (k * e)$$

$$q = q_i + \lambda * \dot{q}$$

$\dot{q} \rightarrow$ Velocidad de articulaciones

$J^+ \rightarrow$ Pseudoinversa de Matriz Jacobiana

$k \rightarrow$ Ganancia de ajuste (matriz diagonal)

$e \rightarrow$ Error de posición y orientación deseada contra la actual

$q \rightarrow$ Orientación (posición) de articulaciones estimada

$q_i \rightarrow$ Orientación actual de articulaciones

$\lambda \rightarrow$ Ajuste de integral para \dot{q}

Algoritmo de Evolución Diferencial

Función de Optimización

$$f = \frac{1}{2} \|\widehat{q}_e - q_d\| \quad \text{función propuesta}$$

$$\widehat{q}_e = \begin{bmatrix} q_{e_i} \\ \dot{q}_{e_i} \\ q_{e_f} \\ \dot{q}_{e_f} \end{bmatrix} \rightarrow \text{Posición y velocidades estimadas}$$

$$q_d = \begin{bmatrix} q_{d_i} \\ \dot{q}_{d_i} \\ q_{d_f} \\ \dot{q}_{d_f} \end{bmatrix} \rightarrow \text{Posición y velocidades deseadas}$$

Planeación de Trayectoria

Mejor transición de las articulaciones

Ecuación de movimiento en base a un polinomio cúbico:

$$t_i = 0, \dot{q}_i = 0, \dot{q}_f = 0$$

$$\begin{bmatrix} q_i \\ \dot{q}_i \\ q_f \\ \dot{q}_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & t_f & t_f^2 & t_f^3 \\ 0 & 1 & 2t_f & 3t_f^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0^1 & a_0^2 & a_0^3 & a_0^4 \\ a_1^1 & a_1^2 & a_1^3 & a_1^4 \\ a_2^1 & a_2^2 & a_2^3 & a_2^4 \\ a_3^1 & a_3^2 & a_3^3 & a_3^4 \end{bmatrix}$$

$t_i \rightarrow$ Tiempo inicial

$t_f \rightarrow$ Tiempo final

$q_i \rightarrow$ Posición inicial

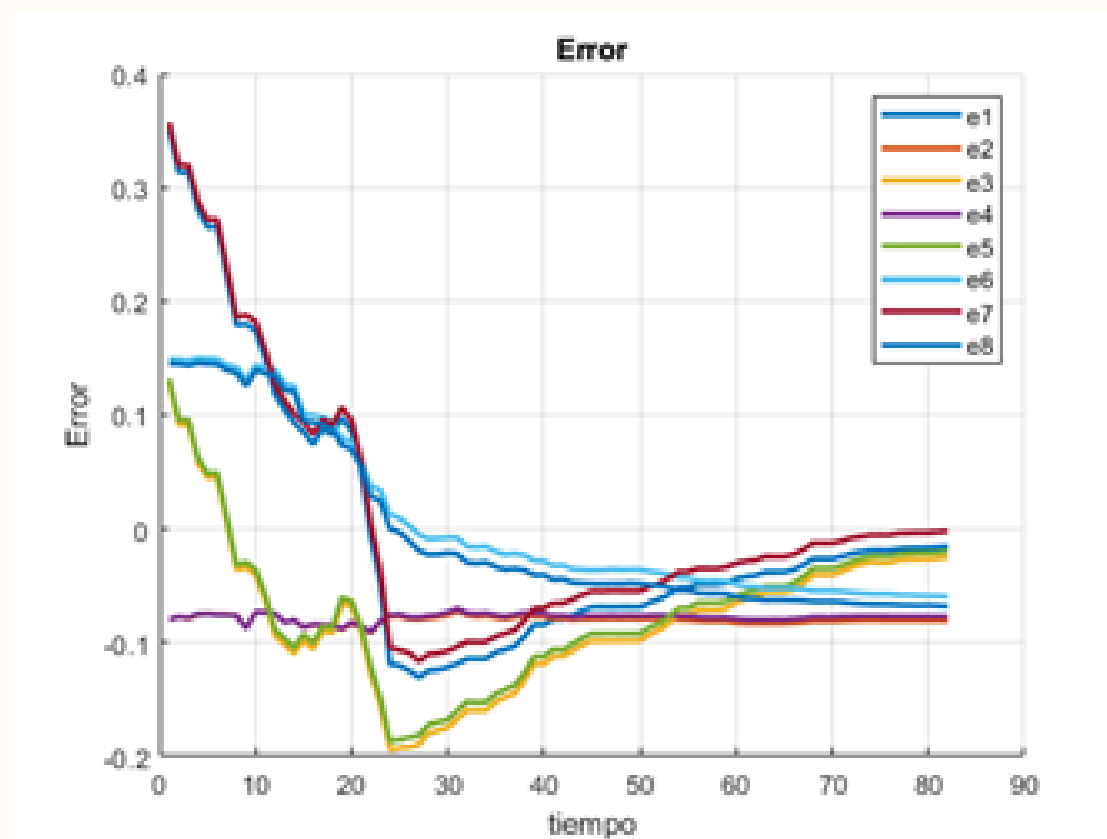
$\dot{q}_i \rightarrow$ Velocidad inicial

$q_f \rightarrow$ Posición final

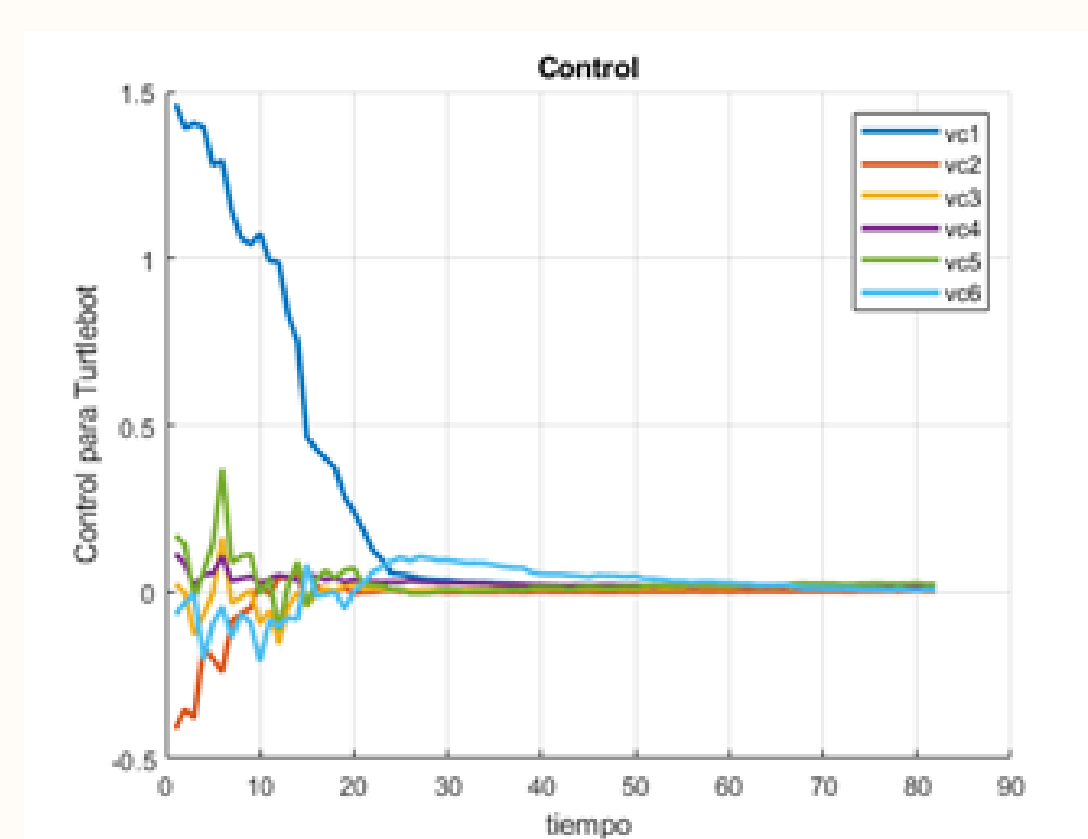
$\dot{q}_f \rightarrow$ Velocidad final

$a_i^j \rightarrow$ Coeficientes (i) del grado "n" del polinomio
y articulaciones del manipulador (j)

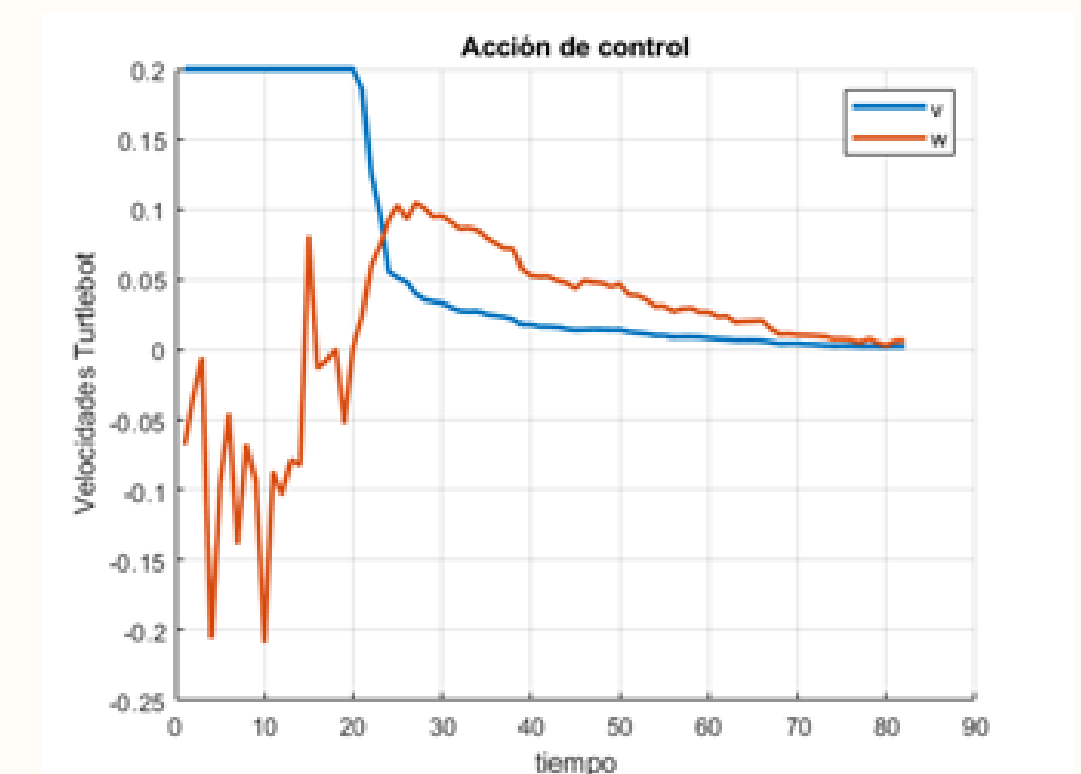
Gráficas Plataforma



Error en los puntos de proyección 2D del margen de aruco del cubo.

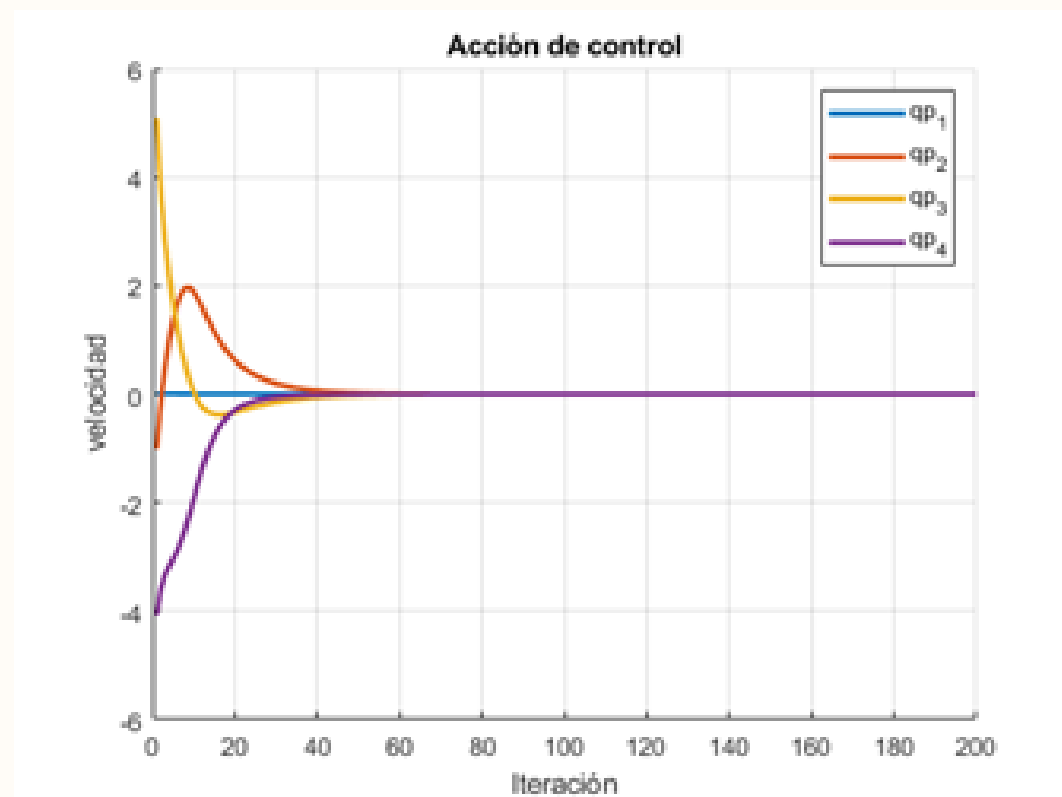


Control aplicado en la plataforma (Turtlebot).

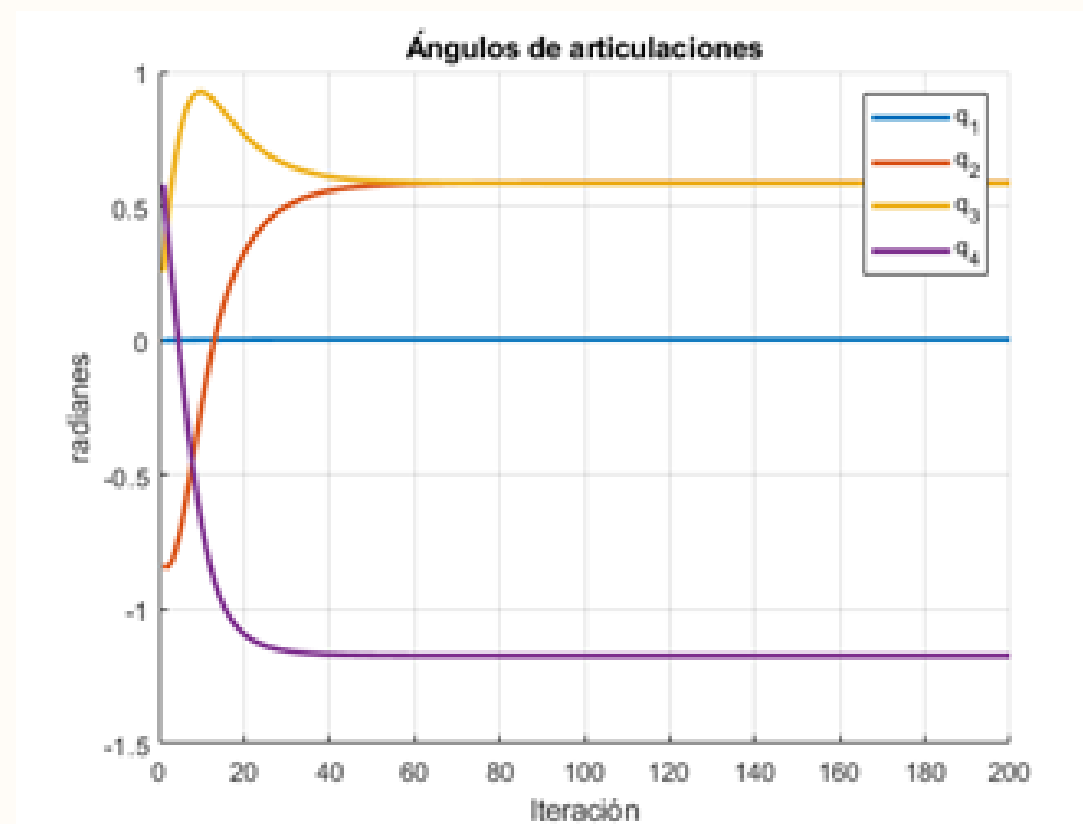


Velocidades lineal y angular de la plataforma (Turtlebot).

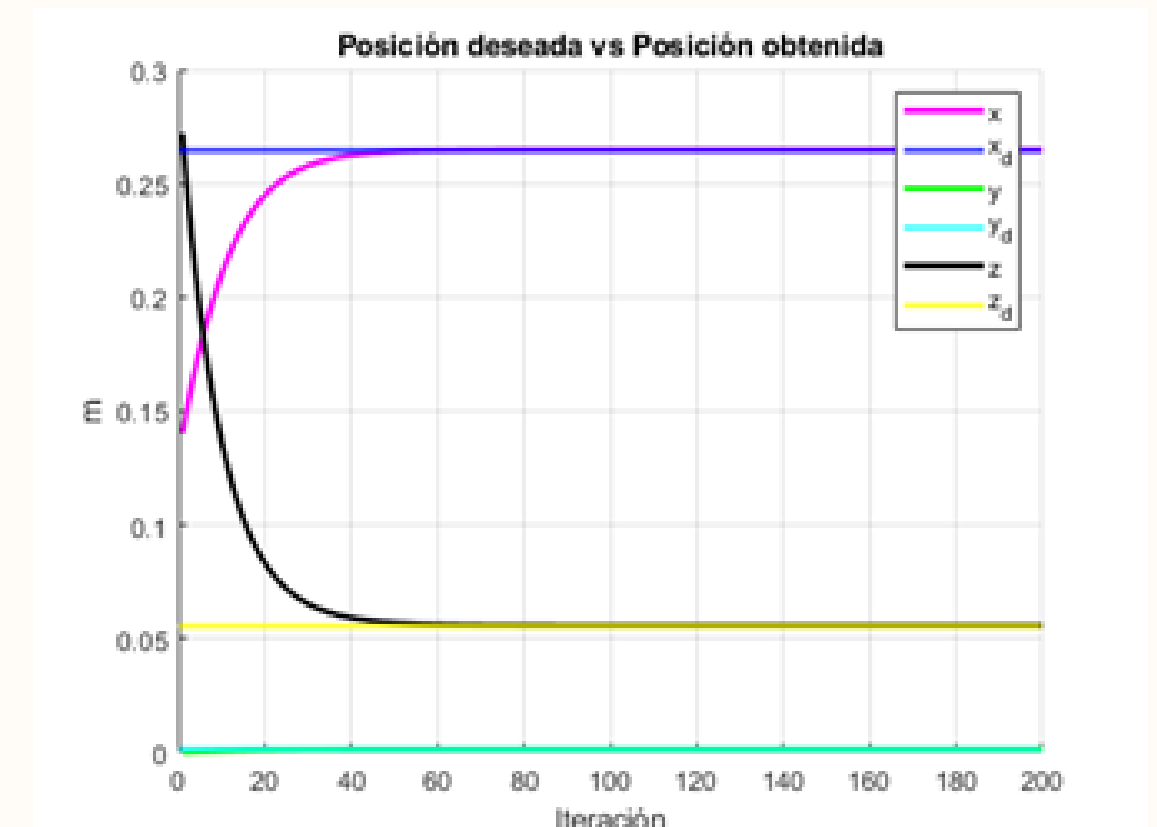
Gráficas Manipulador



Velocidad articulaciones manipulador al tomar el cubo (objeto).

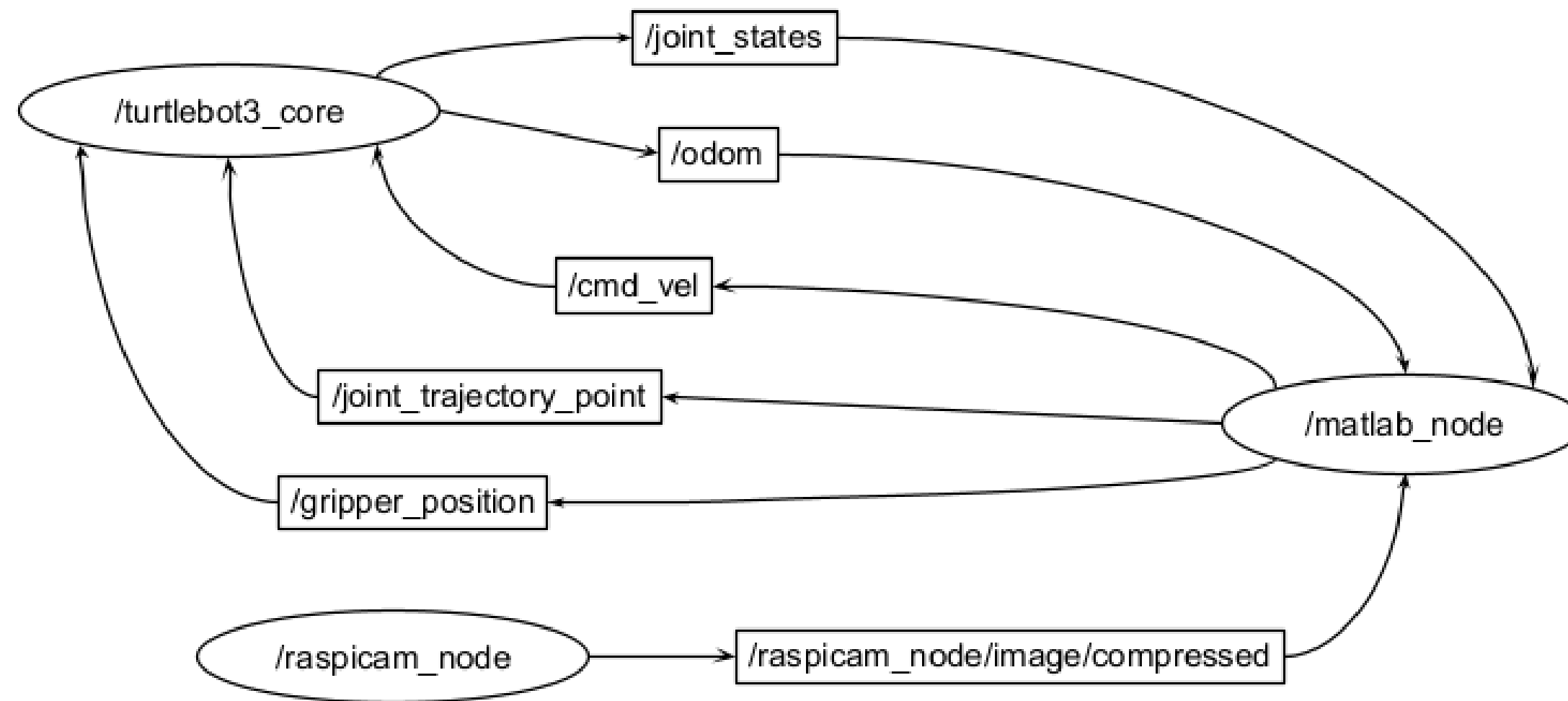


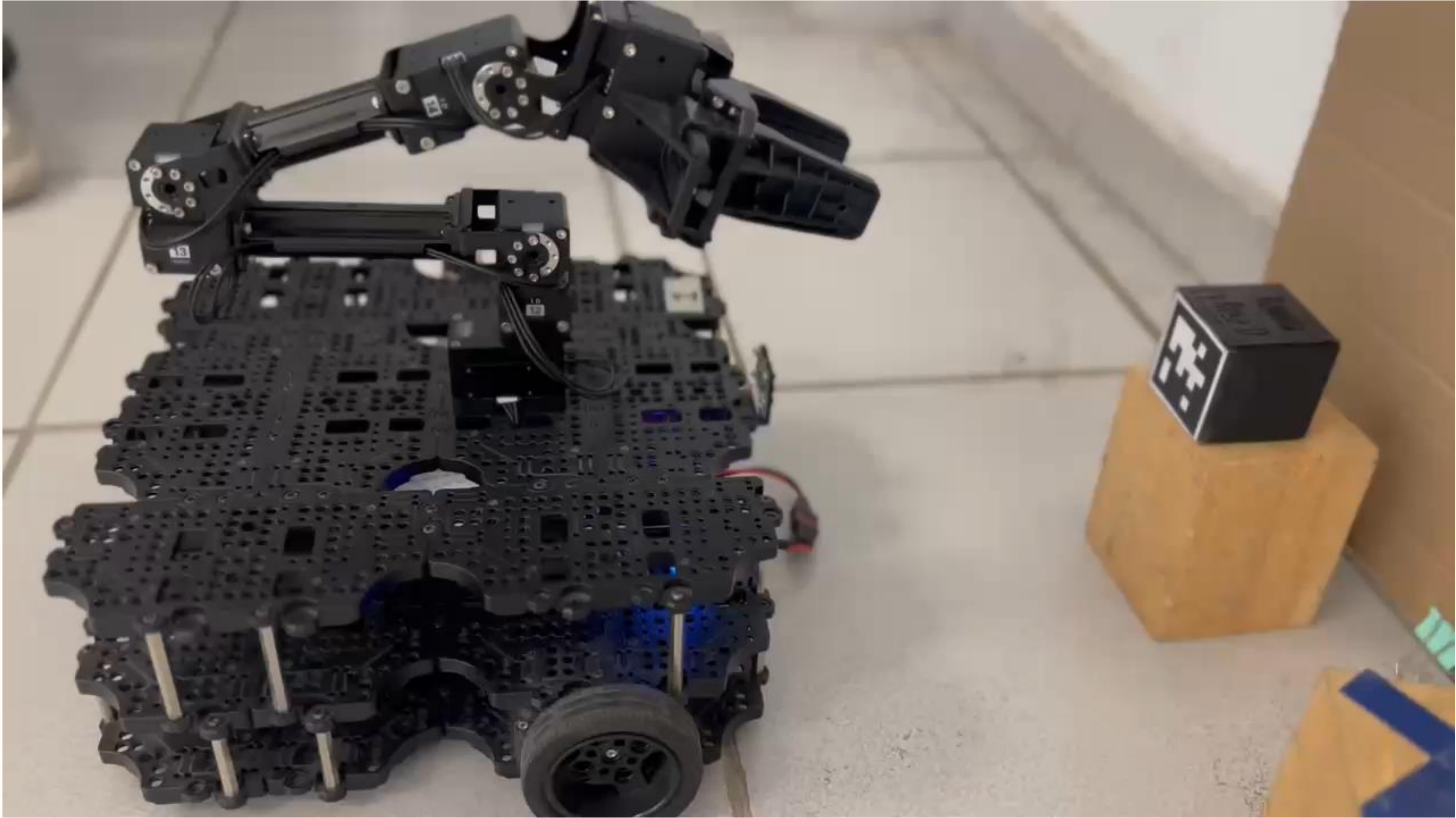
Pose de articulaciones del manipulador al tomar el cubo (objeto).



Error de posición del end-effector (gripper) al tomar el cubo (objeto).

Diagrama de Comunicación







RR

GRACIAS

MARTÍNEZ ORTEGA ROMINA IRENE

romina.martinez7018@alumnos.udg.mx

DÁVILA MEZA ROSA DEL CARMEN

rosa.davila8123@alumnos.udg.mx

DR. HERNÁNDEZ BARRAGÁN JOSÉ DE JESÚS

josed.hernandezb@academicos.udg.mx

