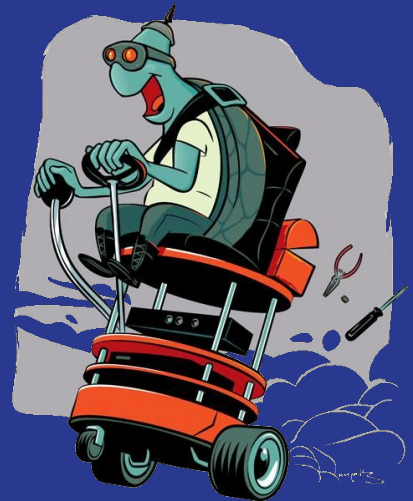


# Laboratorio 2: Control Automático

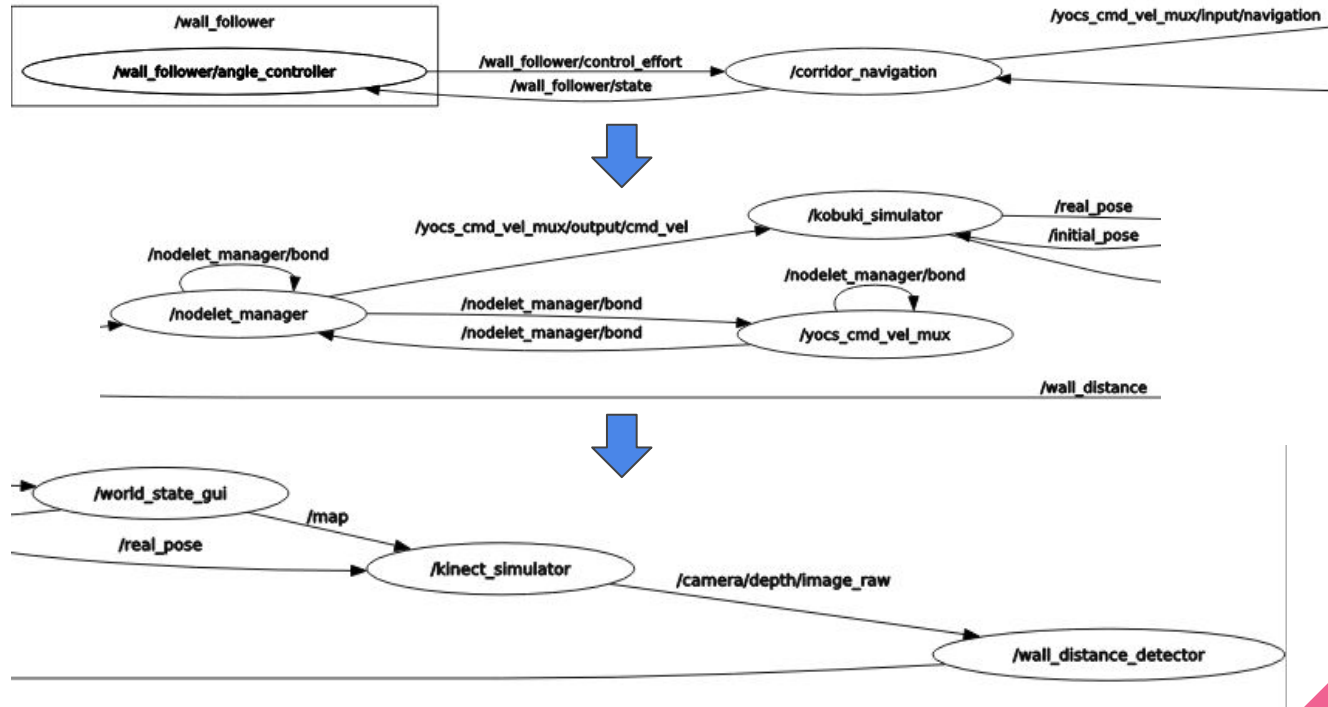
IIC2685 - Robótica Móvil

Equipo:

- Benjamín Farías
- Rafael Fernández
- Lukas Fuenzalida



# Diseño del Software (Control + Kinect)



# Movimiento Controlado - Introducción

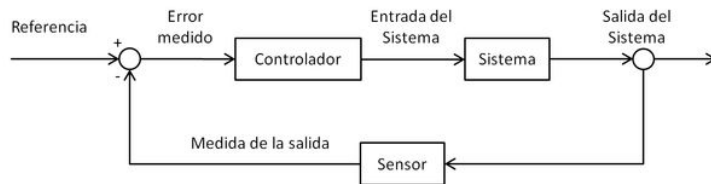
Se implementaron dos controladores de lazo cerrado: uno para regular el **movimiento angular** y el otro para el **movimiento lineal** del *TurtleBot*.

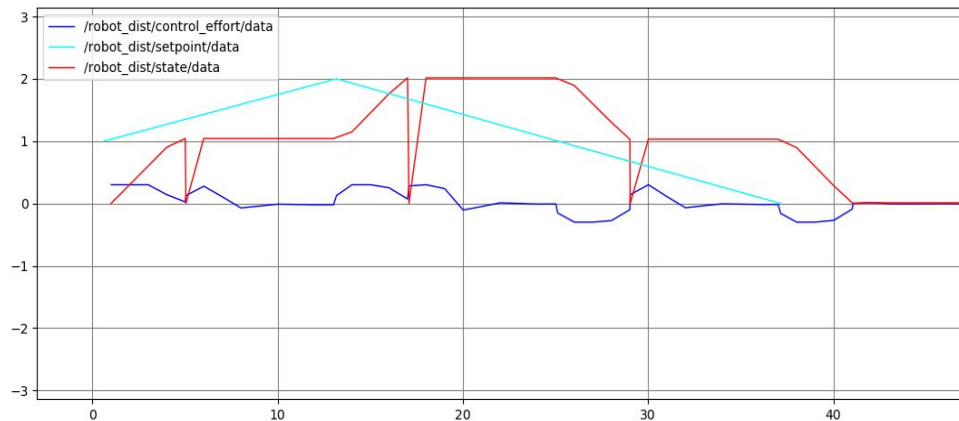
Se calibraron las constantes  **$K_p$  y  $K_i$**  para controladores tanto **P** como **PI**, y con ambos se realizaron experimentos para encontrar la mejor forma de controlar el movimiento por poses.

Los valores encontrados de  **$K_p$  y  $K_i$**  son:

Contr. Lineal:  $K_p = 0.5$ ;  $K_i = 0.0$

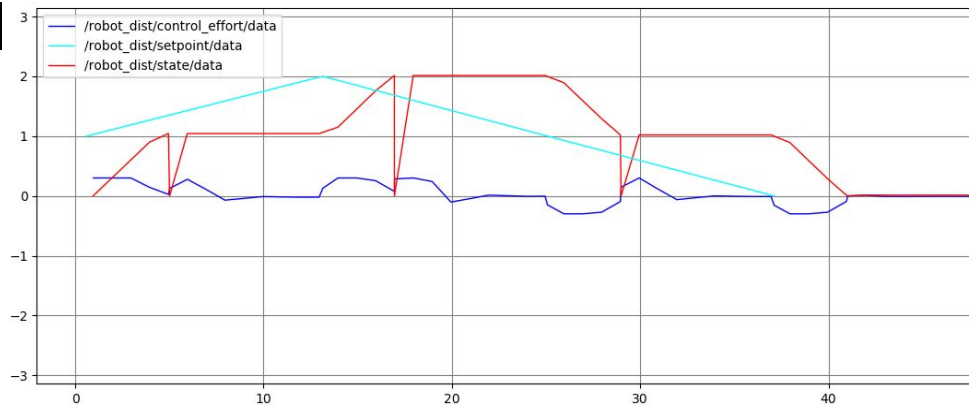
Contr. Angular:  $K_p = 0.35$ ;  $K_i = 0.001$



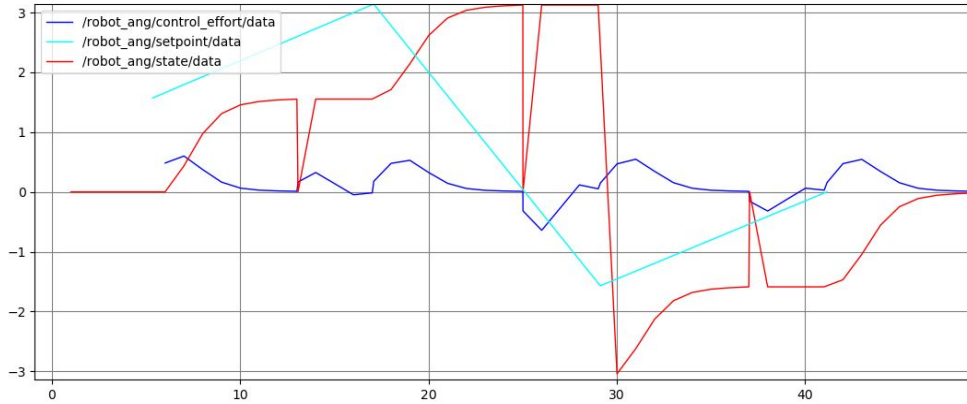
**P**

## Movimiento Controlado - Señales Mov. Lineal

- Similaridad entre los gráficos
- Forma del valor *state*

**PI**

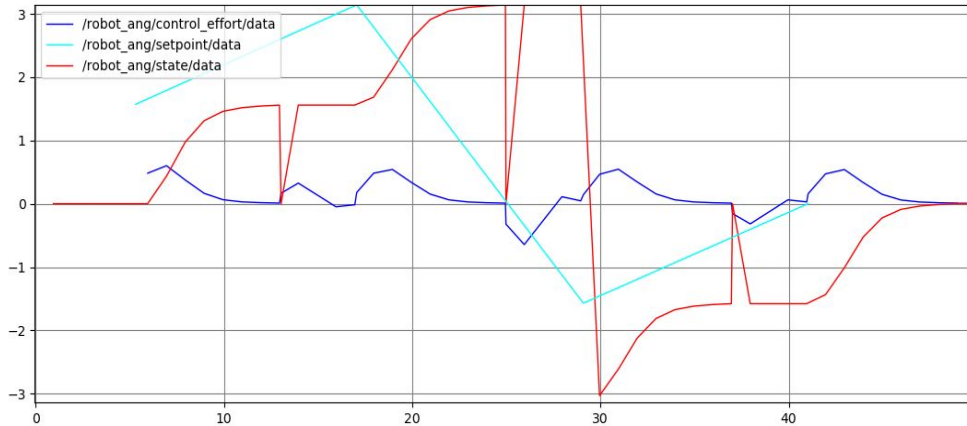
P



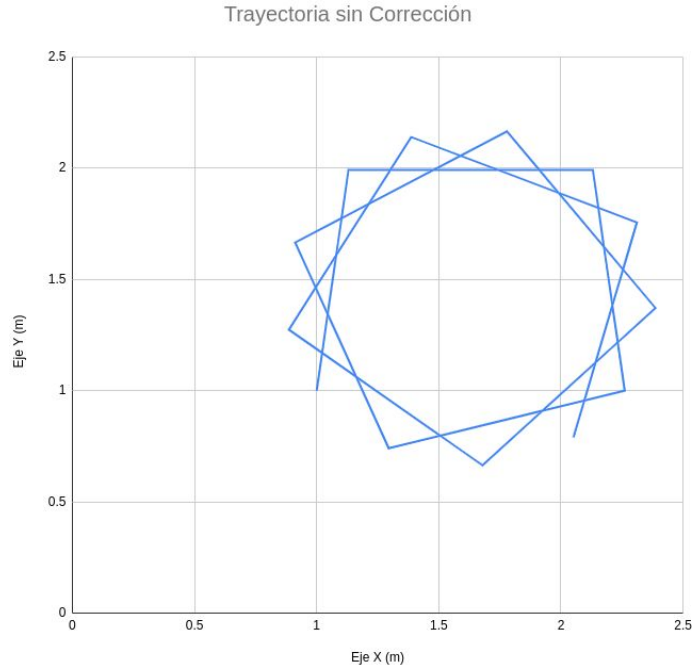
## Movimiento Controlado - Señales Mov. Angular

- Similitud entre los gráficos
- Forma del valor *state*

PI



# Movimiento Controlado - Trayectoria



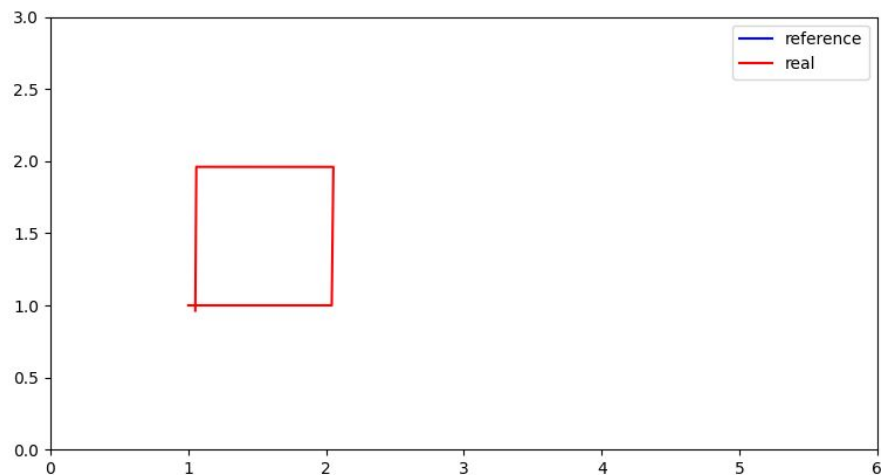
## Trayectoria Sin Control (Lab 1)

- Se desvía considerablemente
- Incluso utilizando un factor de corrección, el error es **0.092 [m]**

# Movimiento Controlado - Trayectoria

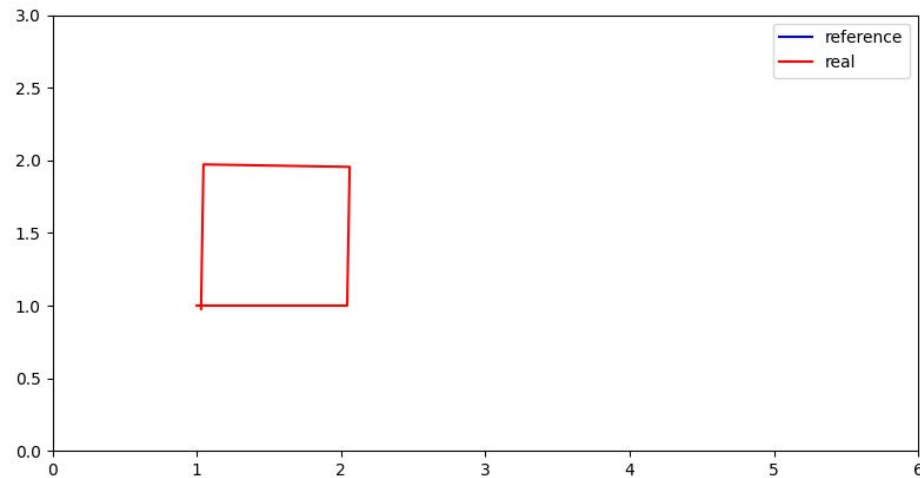
## PI

std err = 0.06750



## P

std err = 0.05188



PI

# Movimiento Controlado - Errores

# Experimento	Posición X	Posición Y	Error de distancia
1	0,0519	0,0519	0,07339768
2	0,0392	0,0392	0,05543717
3	0,0521	0,0521	0,07368053
*mediciones en metros		Error promedio	0,06750513
		Desviación estandar	0,00021849

P

# Experimento	Posición X	Posición Y	Error de distancia
1	0,0409	0,0409	0,05784133
2	0,0413	0,0413	0,05836459
3	0,0279	0,0279	0,03945656
*mediciones en metros		Error promedio	0,05188750
		Desviación estandar	0,00023193

- Se puede presenciar un error menor al utilizar un  $K_i = 0$ .
- El error en X e Y es igual.
- Desviación estándar baja (pocos datos).

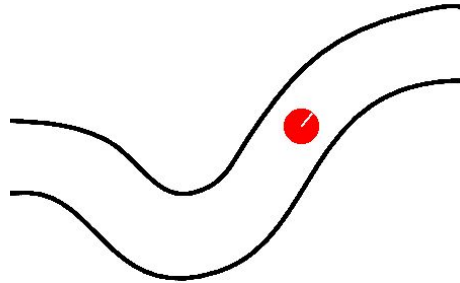




# Comportamientos Reactivos

Se utilizó un **controlador P** sobre la **velocidad angular** para mantener al robot en el centro del camino.

- Valor  **$K_p$**  escogido: 1.4
  - Permite un balance entre capacidad de giros rápidos y estabilidad
- Componente clave: Nodo de medición de **distancia a paredes**



# Comportamientos Reactivos - Distancia a Paredes

## Imagen oscura

Detenemos el robot



## Profundidad entre dos paredes

Detectada con media móvil en la mitad del eje y.

Se retorna profundidad del centro del borde izquierdo y derecho.

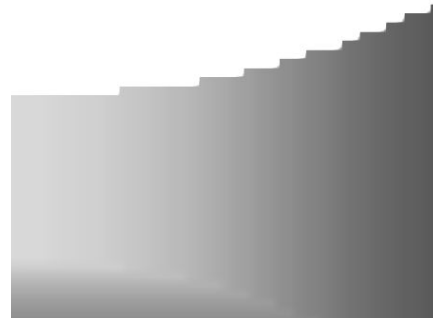


## Sólo una pared

Detectada cuando media móvil no encuentra grandes cambios.

Se detecta dirección de la pared comparando profundidad de ambas mitades de la imagen.

Se asume distancia fija a la otra pared.



# Seguimiento de Trayectorias

Se utilizó un controlador **PID** para ajustar la orientación del robot mientras intenta alcanzar una **meta (zanahoria)** que se encuentra a una cierta distancia constantemente (**Follow the Carrot**). El mejor controlador resultó ser **PI**.

Controlador:  $K_p = 0.5$ ;  $K_i = 2.5$ ;  $K_d = 0.0$

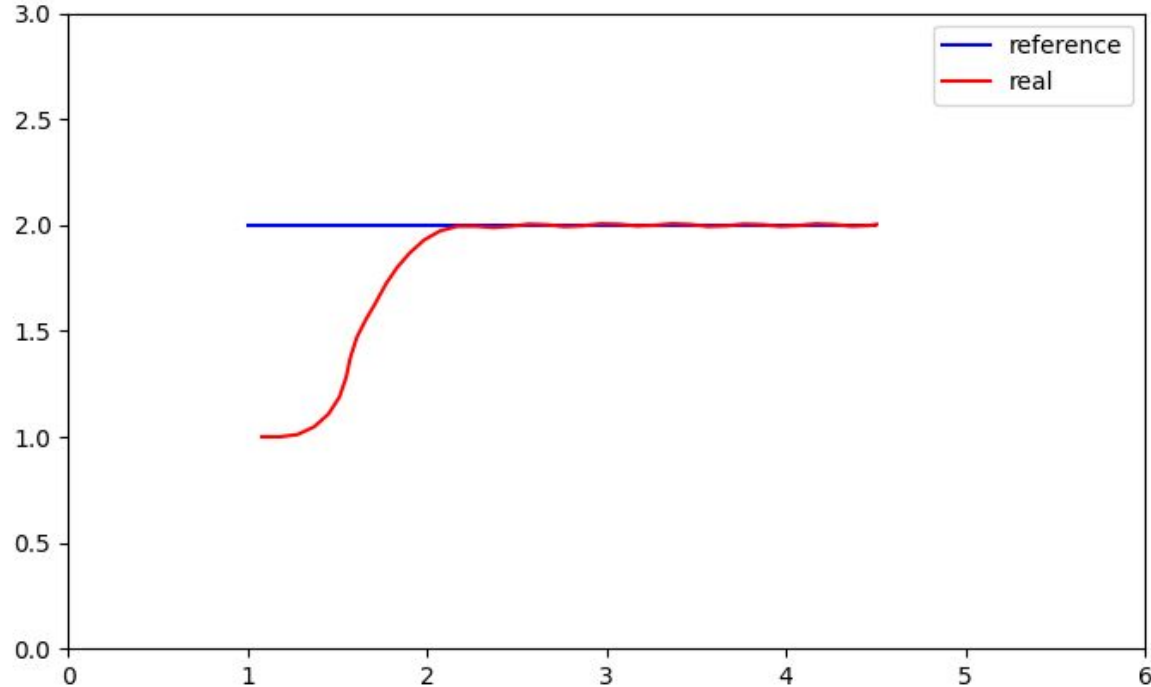
Look-Ahead Distance = 0.3 [m]

Linear Velocity = 0.1 [m/s]

Max Angular Speed = 0.3 [rad/s]



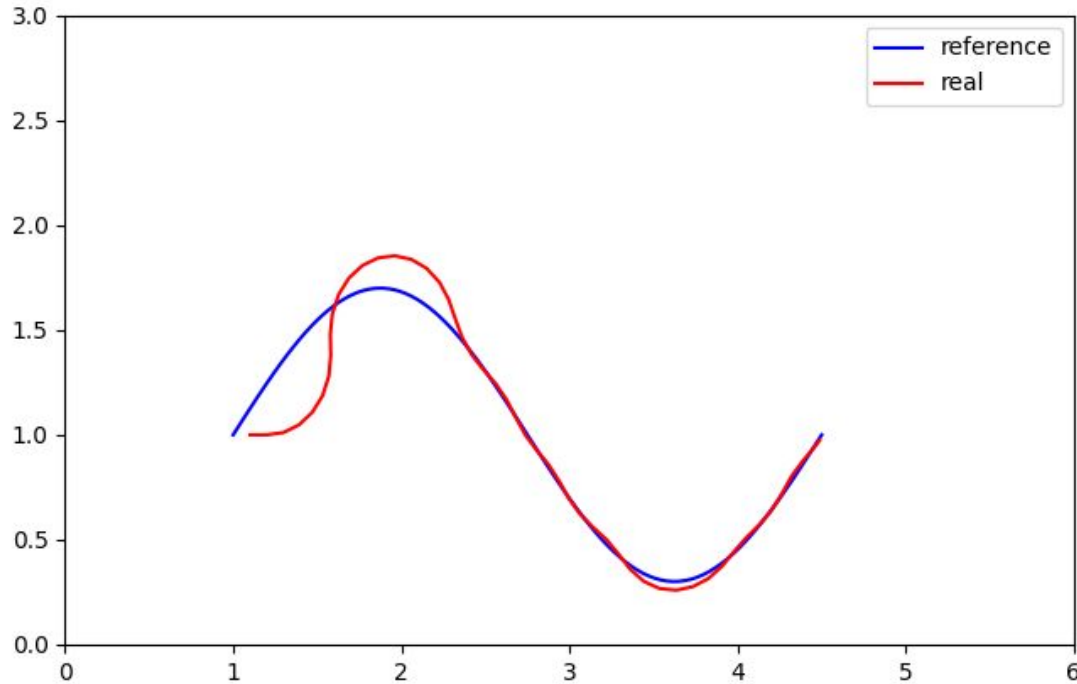
# Seguimiento de Trayectorias



## Trayectoria Lineal

- $MSE = 0.215$
- Buen ajuste al alcanzar la línea

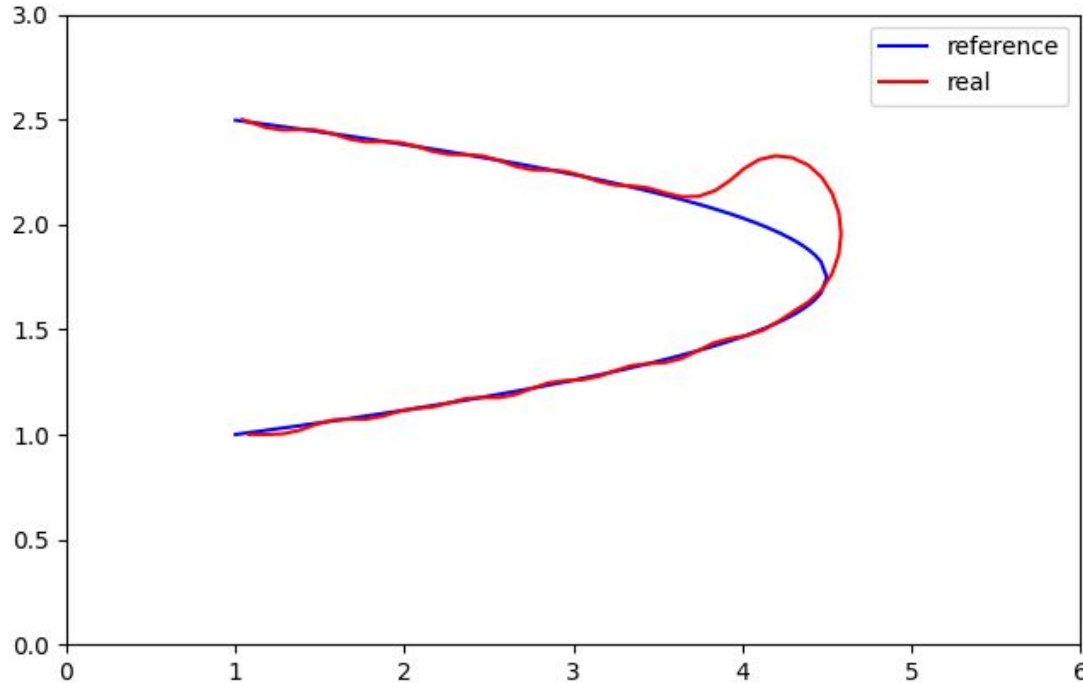
# Seguimiento de Trayectorias



## Trayectoria Sinusoidal

- $MSE = 0.0114$
- Buen ajuste tras la primera rotación pronunciada

# Seguimiento de Trayectorias



## Trayectoria Cuadrática

- $MSE = 0.0111$
- Buen ajuste tras la curva pronunciada

# Conclusiones

**Movimiento Controlado:** El control automático en lazo cerrado **disminuye considerablemente el error** en el movimiento en comparación a un sistema **sin control** (como el del laboratorio pasado).

**Comportamientos Reactivos:** El control automático dota al robot de una **capacidad de reacción** ante obstáculos en su camino.

**Seguimiento de Trayectorias:** El control automático permite ejecutar **subrutinas de movimiento a bajo nivel** basadas en seguir una trayectoria previamente planificada a alto nivel.

