

**Percepción y Control**  
**PRÁCTICA Tema 3**

**Diseño de algoritmos de  
control clásico para la  
navegación de robots móviles**  
**I**

**Ingeniería de Computadores**

**Pedro Barquín Ayuso**  
**Miguel Ballesteros García**

## Parte 1. Diseño de un modelo cinemático y dinámico del robot

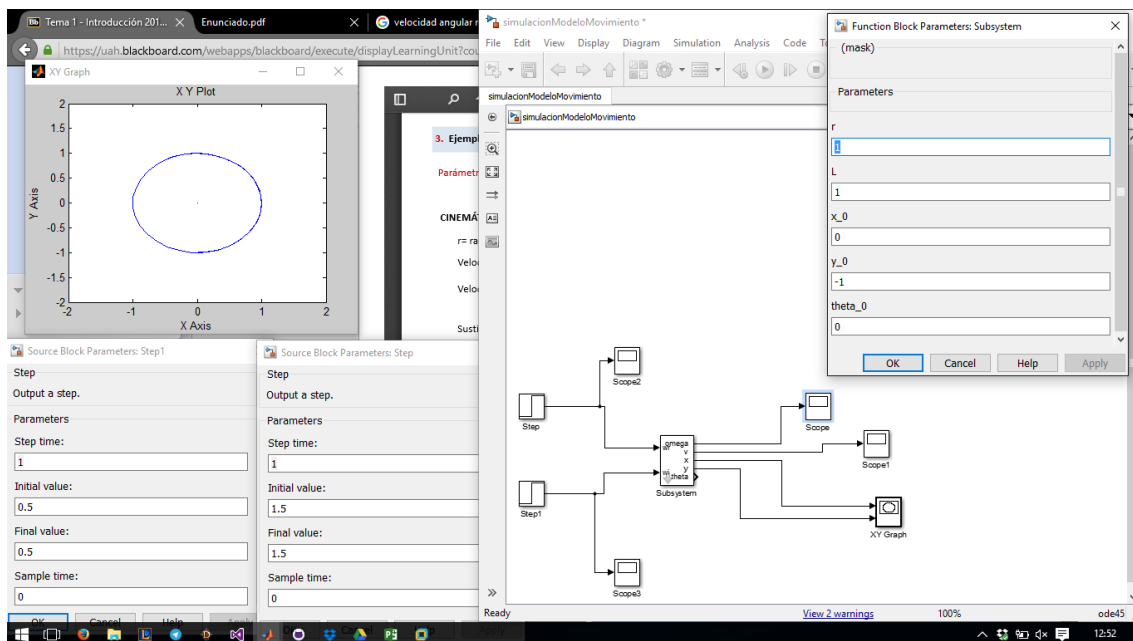
### 1.1. Modelo cinemático

Realice los siguientes experimentos mediante el uso de los bloques incluidos en las librerías de Simulink utilizando el modelo cinemático propuesto:

•Realice una simulación en la que el robot describa una circunferencia de radio unidad centrada en el punto (0,0). Utilice los bloques de escalón unitario y las gráficas X-Y incluidas en Simulink para realizar este experimento.

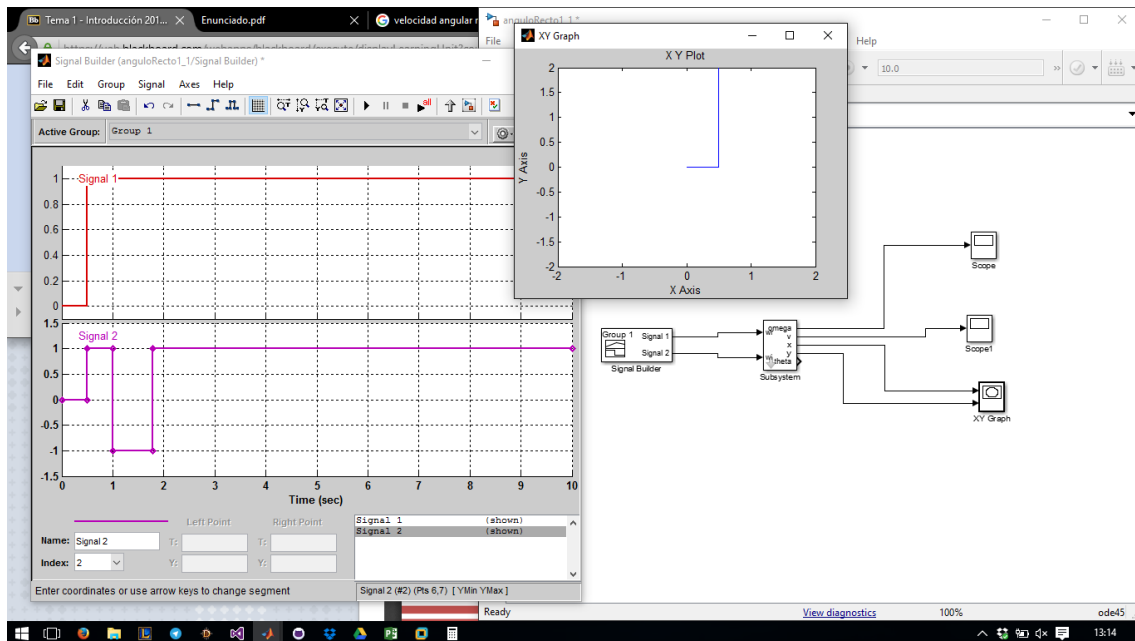
$$V_r = 1,5 \text{ rad/s}$$

$$V_i = 0.5 \text{ rad/s}$$



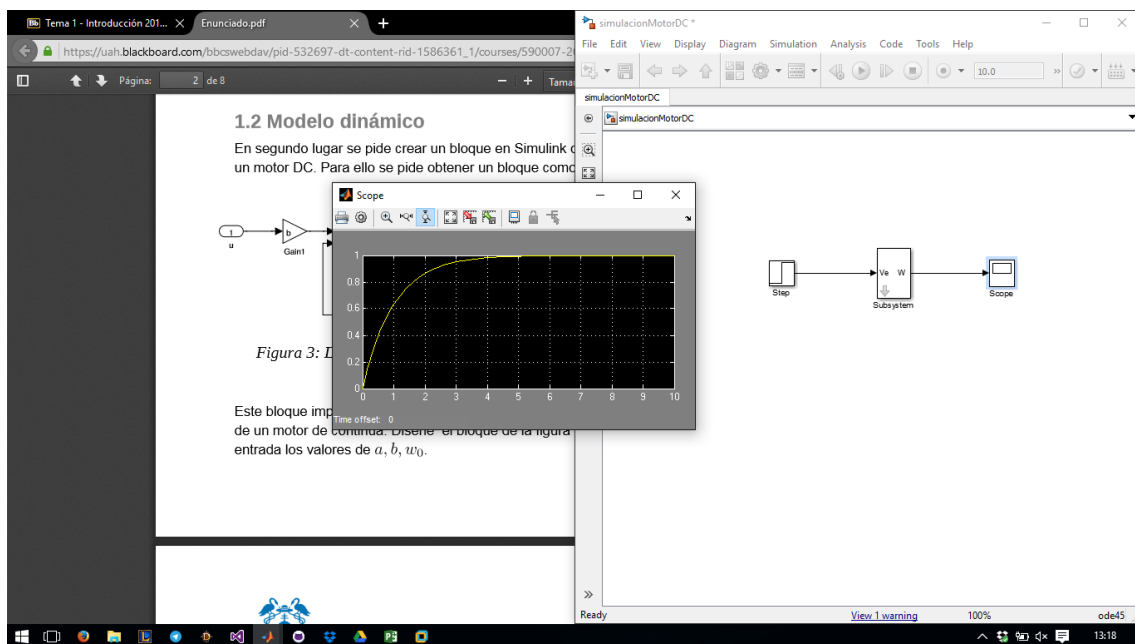
•Realice una simulación en la que el robot realice la trayectoria que incluya un ángulo recto. Para ello utilice varios bloques de escalón unitario para componer la señal necesaria en las entradas de velocidad angular de las ruedas para que se produzca dicha trayectoria.

Para ello hemos de poner los motores a distintas velocidades para así conseguir el ángulo ( $V_r = 1$   $V_i = -1$ ) con ello despejamos el tiempo de la formula  $(R/L) \cdot (V_r - V_i)$  lo que nos da 2 rad/s y despejamos para sacar  $90^\circ$  1,57rad necesitamos que funcionen a esas velocidades durante 0,785s



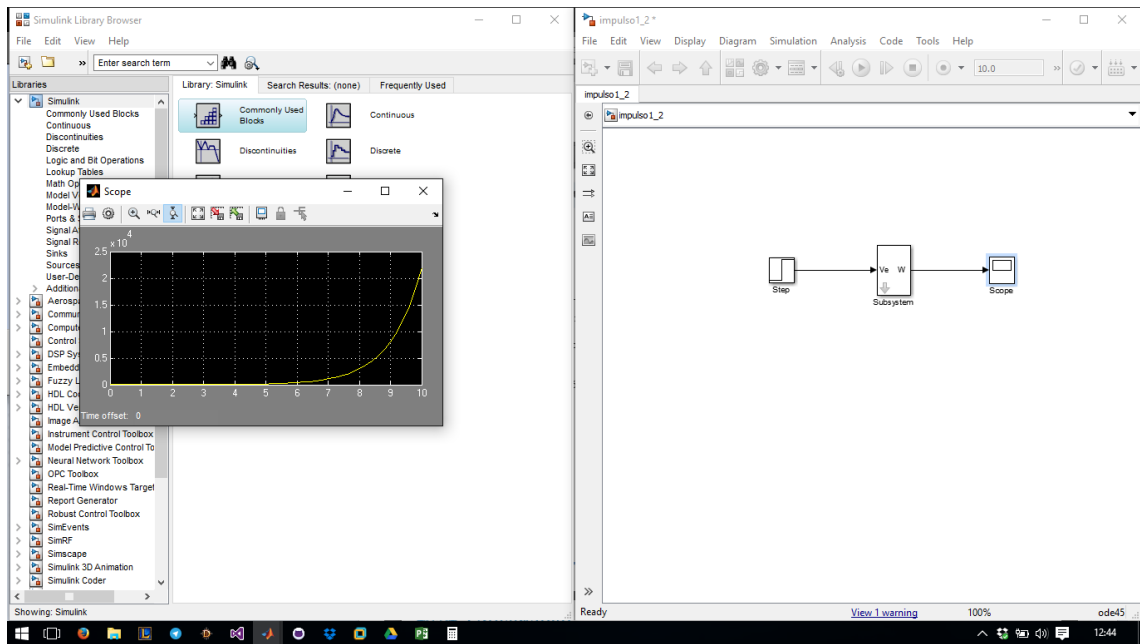
## 1.2 Modelo dinámico

•Diseñe un experimento donde se observe la respuesta al escalón unitario del sistema.



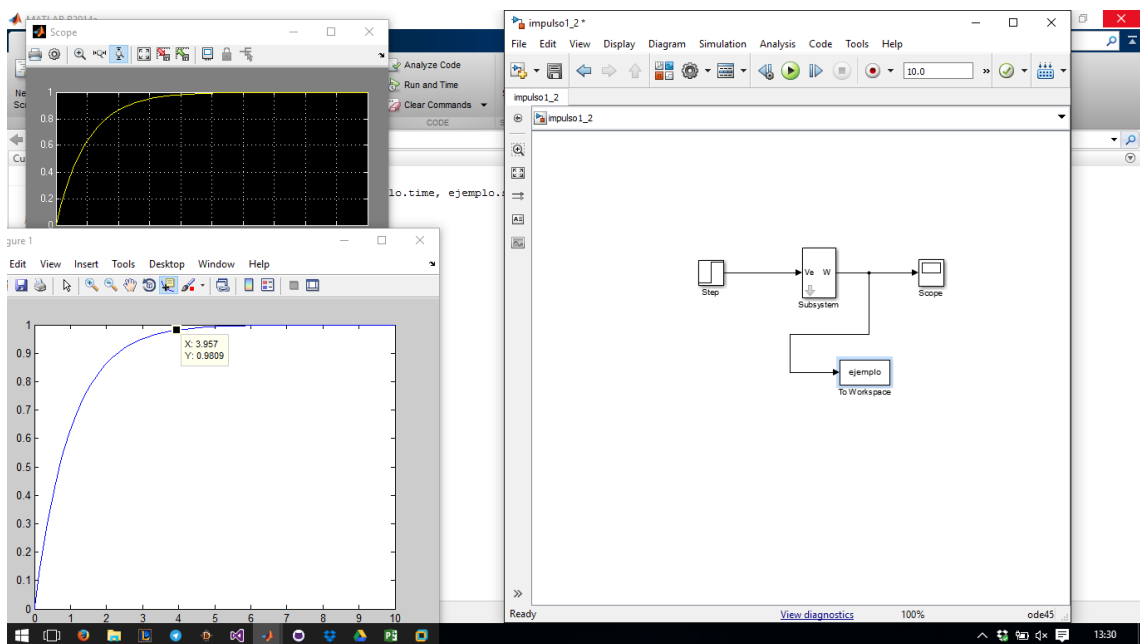
•Determine, apoyado en la simulación de Simulink, el rango de valores del parámetro que hacen estable al sistema.

Los valores que hacen inestable el sistema son los  $a=0$  o los  $a$  negativos ya que si se cumple alguna de estas condiciones entonces la diferencia de la entre  $b-a$  nos va a dar como si nos estuviéramos alejando o como si no nos moviéramos

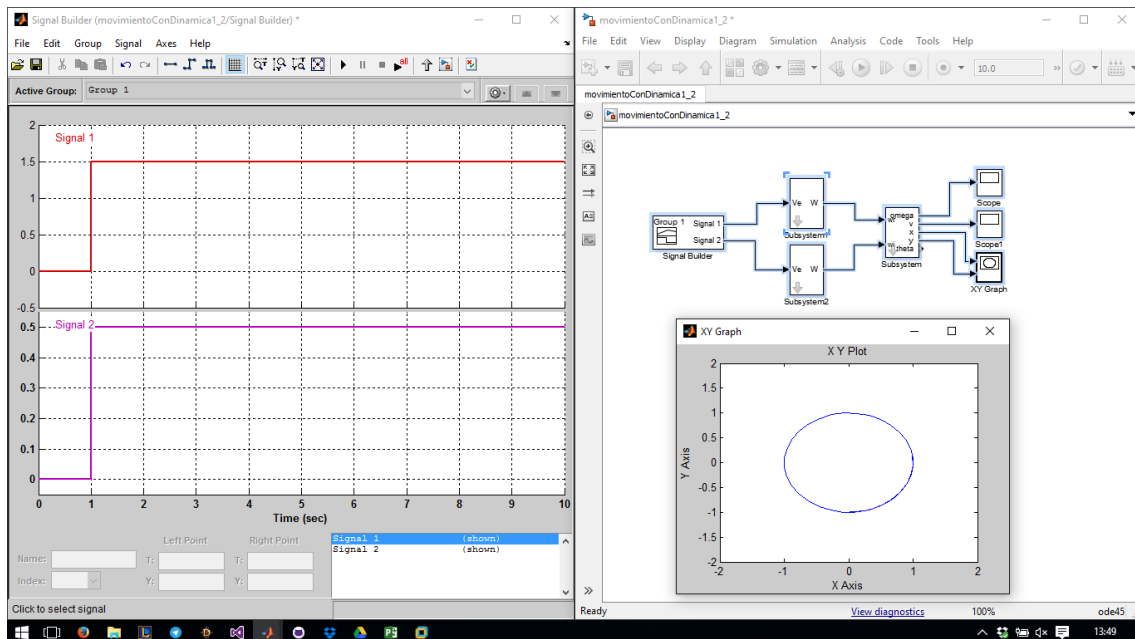


• **Determine experimentalmente el tiempo de asentamiento y la ganancia estática del sistema. Contraste los valores obtenidos con los teóricos.**

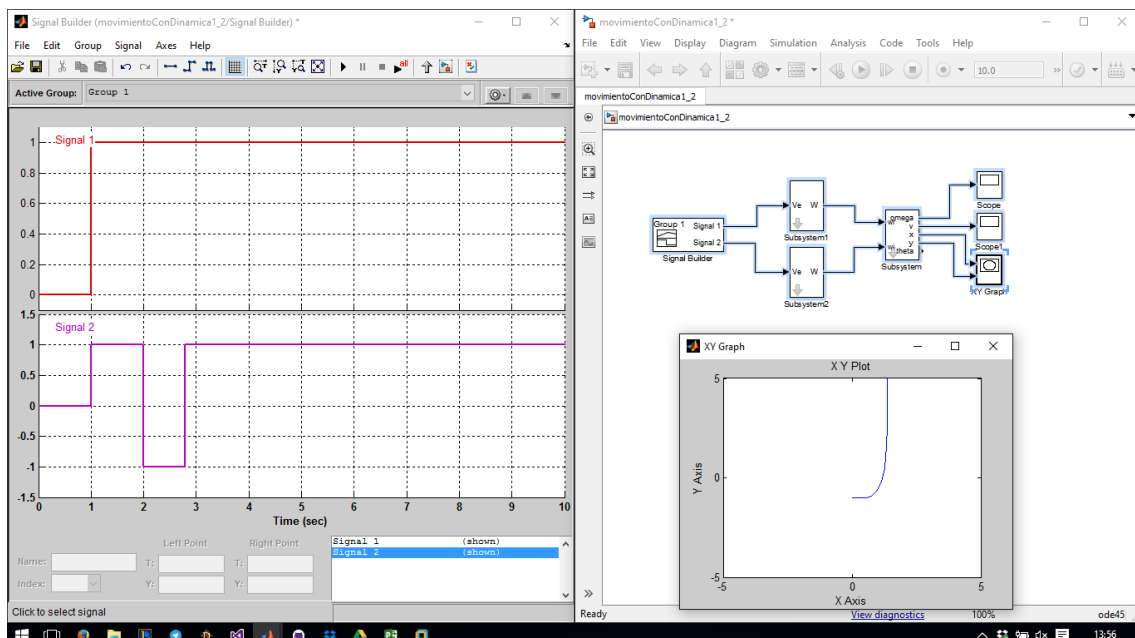
Con las formulas de clase obtenemos que el tiempo de asentamiento es el de la imagen adjunta y la ganancia del sistema  $a/b$  igual a 1.



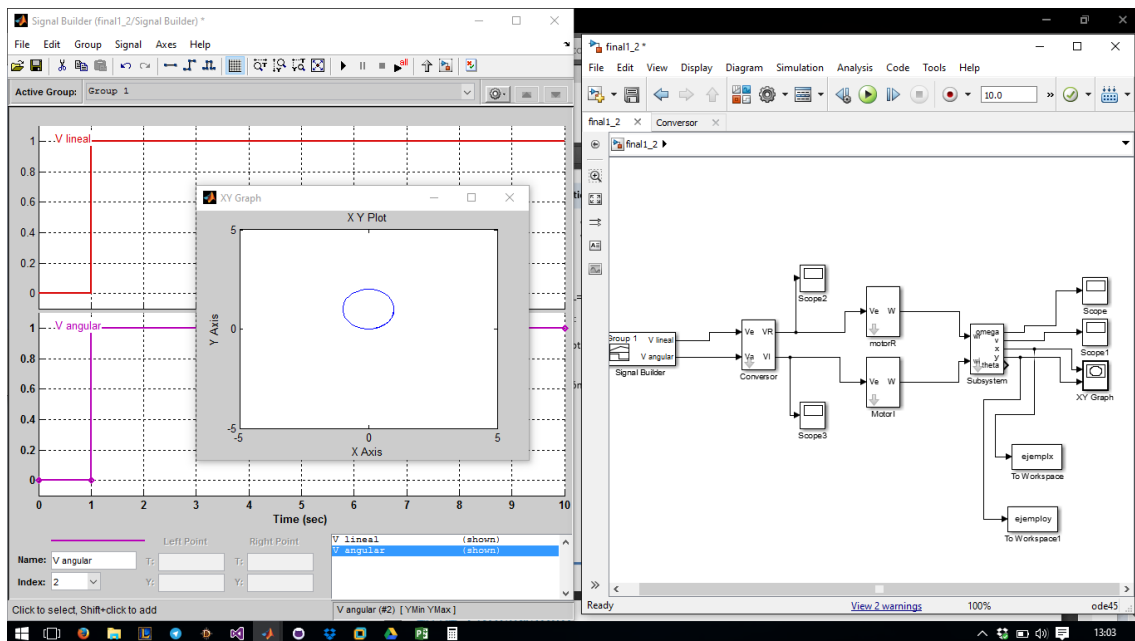
•Realice una simulación en la que el robot describa una circunferencia de radio unidad centrada en el punto. Utilice los bloques de escalón unitario y las gráficas X-Y incluidas en Simulink para realizar este experimento.



•Realice una simulación en la que el robot realice la trayectoria que incluya un ángulo recto. Para ello utilice varios bloques de escalón unitario para componer la señal necesaria en las entradas de velocidad angular de las ruedas para que se produzca dicha trayectoria.



Contenido del modulo conversor de velocidad lineal y angular para los motores.



## Parte 2. Diseño de un control de posición

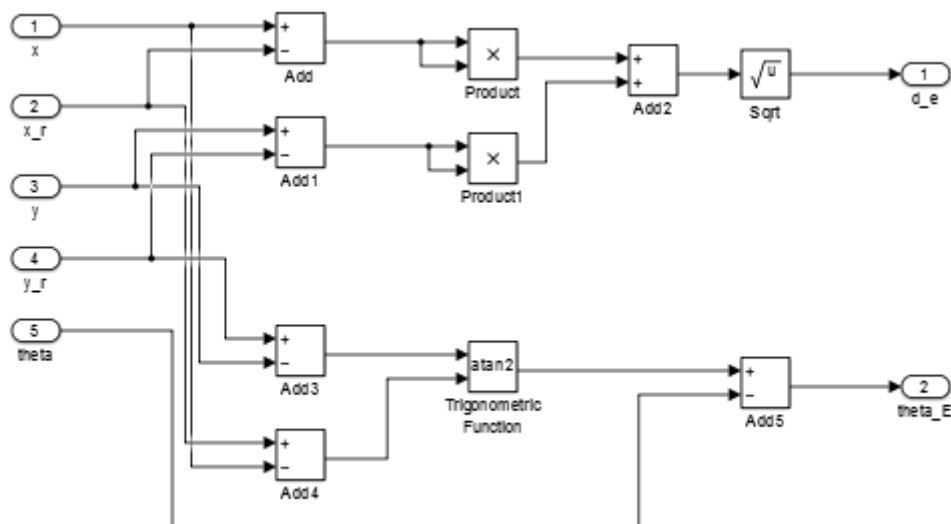
### 2.1 Estructura general del controlador de posición

•El error de distancia es la distancia entre la posición actual del robot y la distancia al punto deseado.

$$d_e = \sqrt{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2}$$

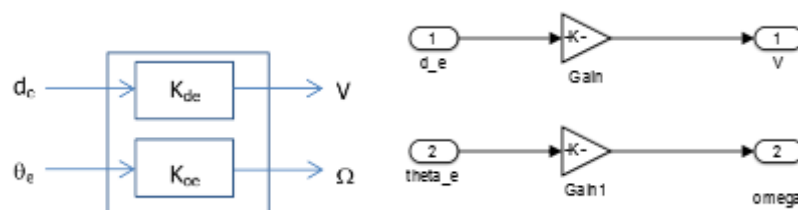
•El error de orientación es la diferencia entre el ángulo que une el robot con el punto de destino, y la propia orientación del robot.

$$o_e = \text{atg} \left( \frac{y_p - y}{x_p - x} \right) - o$$

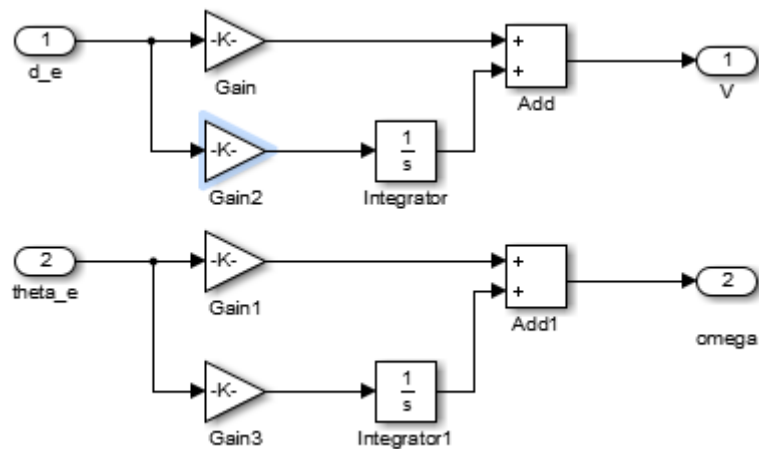


•Cada error afecta únicamente a una de las variables de control: el error de distancia permite ajustar la velocidad lineal (de manera que el robot avanza más deprisa cuanto más cerca está del punto de destino), mientras que el error de orientación modificará la velocidad angular (para que el robot se oriente correctamente hacia el punto de destino). El controlador propuesto se puede dividir en dos controladores independientes como se muestra en la Figura

Controlador P:



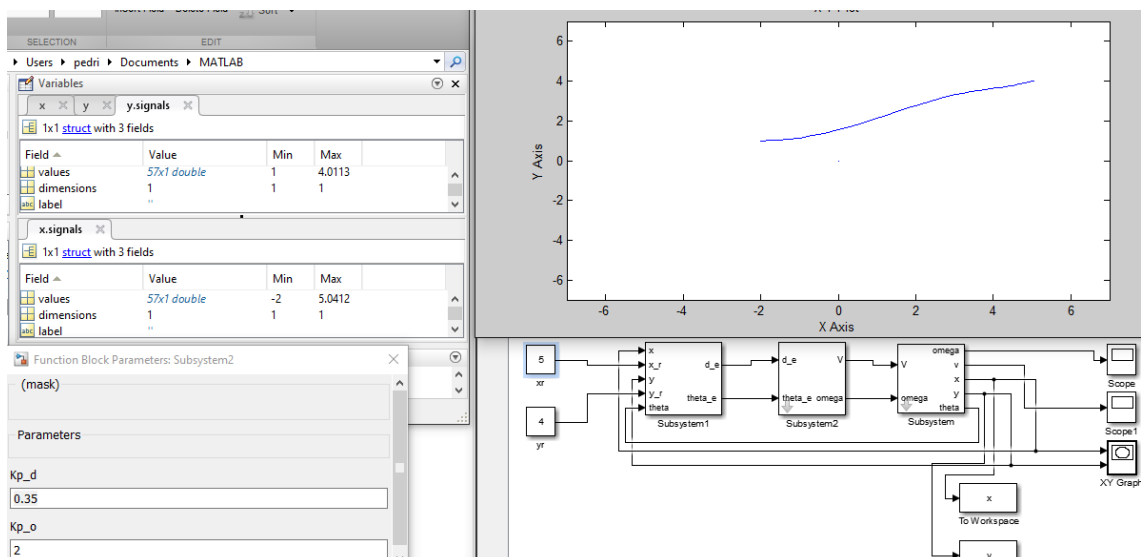
## Controlador PI:



•Se pide el diseño de controladores de tipo proporcional, como se puede ver en la Figura 8 y también controladores de tipo proporcional-integral (PI).

•El valor de las ganancias de los controladores debe ser ajustado experimentalmente mediante simulación para conseguir un comportamiento adecuado del sistema con una respuesta rápida y sin grandes oscilaciones en el movimiento hacia el punto de destino.

Se adjunta captura con los valores de  $K$ , los valores de inicialización de  $x_r$  e  $y_r$  y exactamente hasta el punto que llegaría el robot.





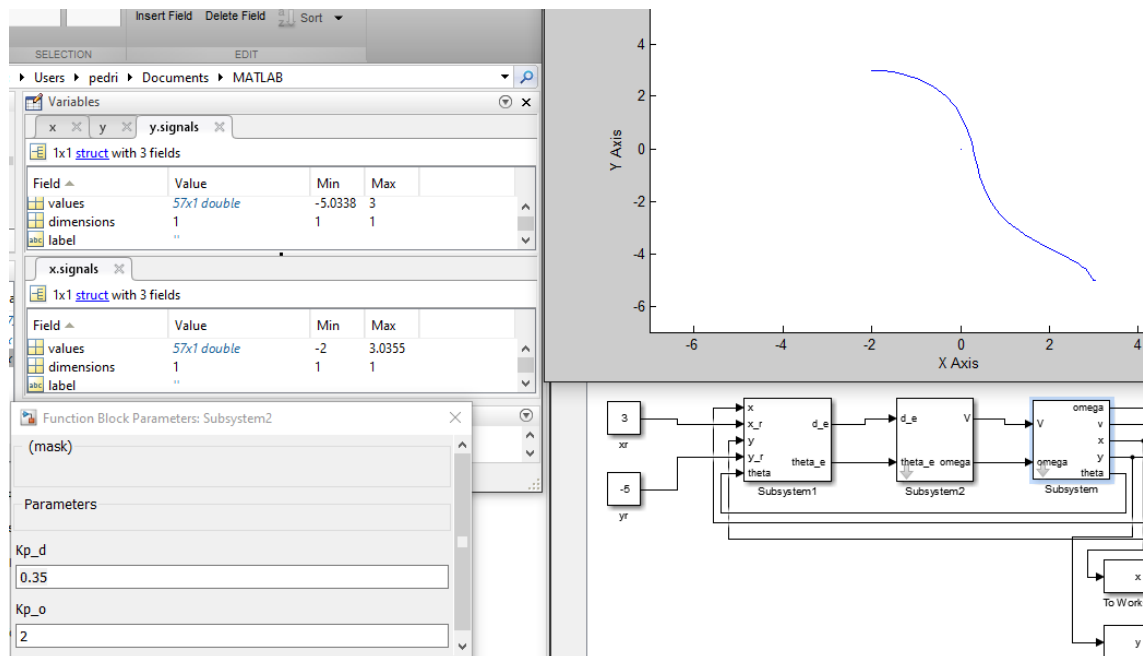
## 2.2 Desarrollo de la práctica

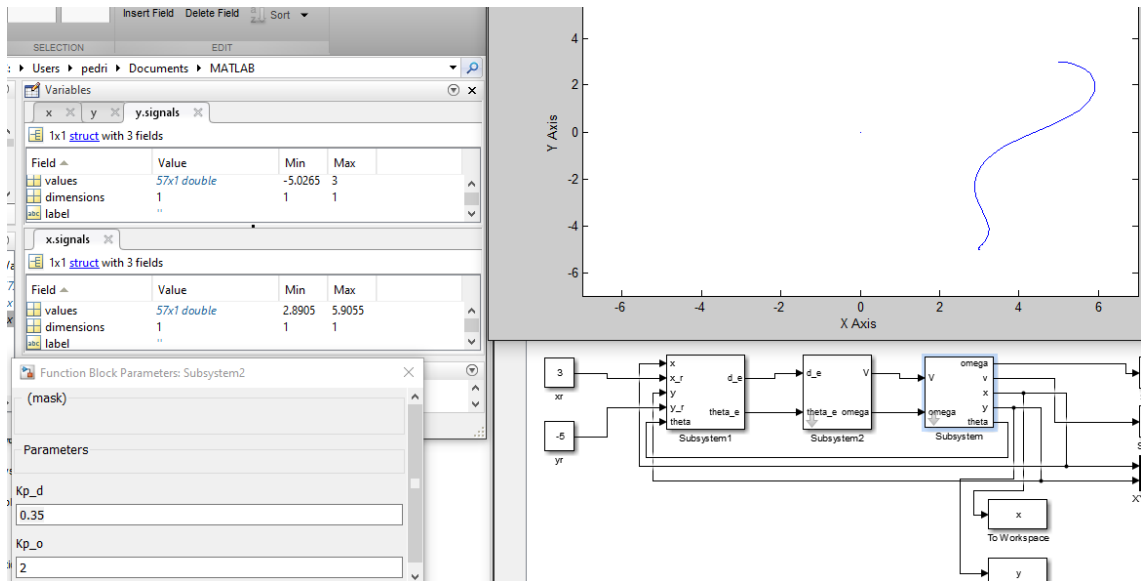
- Utilizando el modelo dinámico construido en la primera parte de la práctica, implemente mediante bloques de Simulink el sistema de control propuesto en la Figura 7 y los controladores P y PI.

- Realice experimentos donde se pidan diferentes referencias de posición y documente la influencia de las constantes de control en la respuesta del robot, incluyendo factores como el error de posición en régimen, permanente, la presencia de sobreimpulso y la velocidad del robot en llegar al punto deseado.

- Documente mediante experimentos las diferencias en las respuestas del controlador P y el controlador PI.

En el caso de un controlador P, según la posición a la que queramos que vaya el robot nos dibuja una trayectoria diferente. Depende los valores que pongamos en las variables  $k$  se pueden dar varios casos, que se pase de largo debido a que la velocidad es demasiado elevada (deberíamos modificar  $k_p_d$ ) o si empieza a hacer círculos y dibuja una trayectoria sin sentido (habría que modificar  $k_p_o$ ).





En el caso del controlador PI, tenemos dos variables mas y como en el caso anterior el robot se va lejísimos y dibuja trayectorias sin sentido. Vemos que al tener este añadido tenemos más grados de libertad por lo que es más difícil que el robot vaya más directo al punto final.

La conclusión que sacamos de todo esto es que ambos controladores pueden llegar a ser muy inestables cuando los valores K no se acercan a unos rangos de valores fijos.