



Tecnológico de Monterrey

Actividad 5.1 (Control de Posición)

Bruno Manuel Zamora Garcia A01798275

12 de abril del 2025

Implementación de robótica inteligente

(Gpo 501)

Profesor:

Alfredo García Suárez

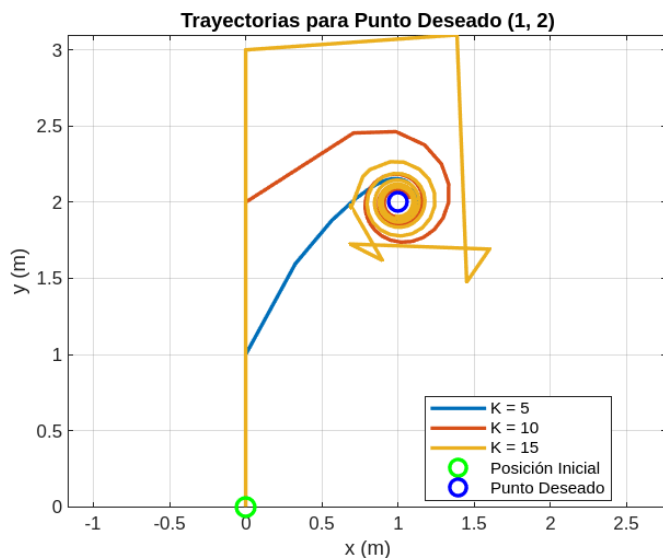
1. Implementar el código requerido para generar el control de posición del robot tipo diferencial en los siguientes puntos deseados:

A continuación se presenta la comparación de 3 valores de ganancia: 5 (línea azul), 10 (línea roja), 15 (línea amarilla), para los 20 puntos, se muestran 4 gráficas para cada punto:

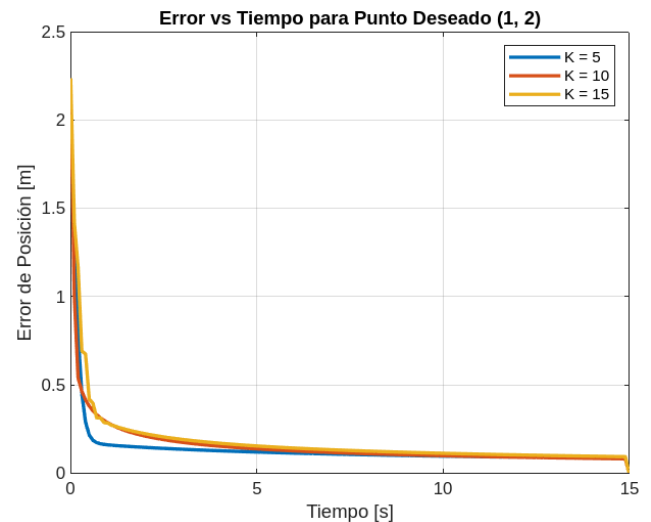
1. Trayectoria
2. Error vs tiempo
3. Velocidad lineal vs tiempo
4. Velocidad angular vs tiempo

a) (1, 2)

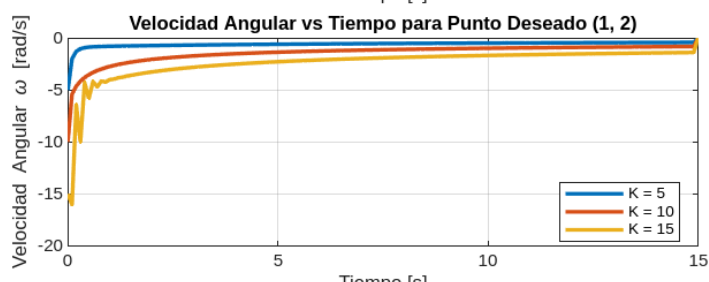
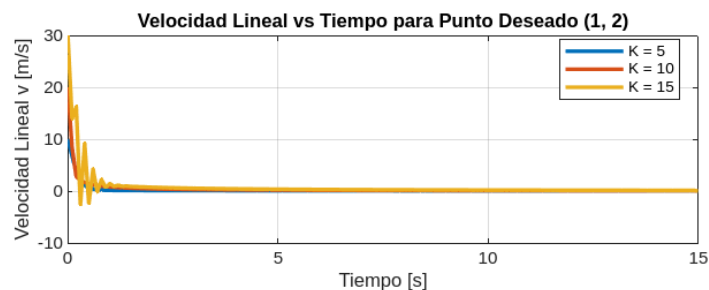
Trayectoria



Error vs tiempo

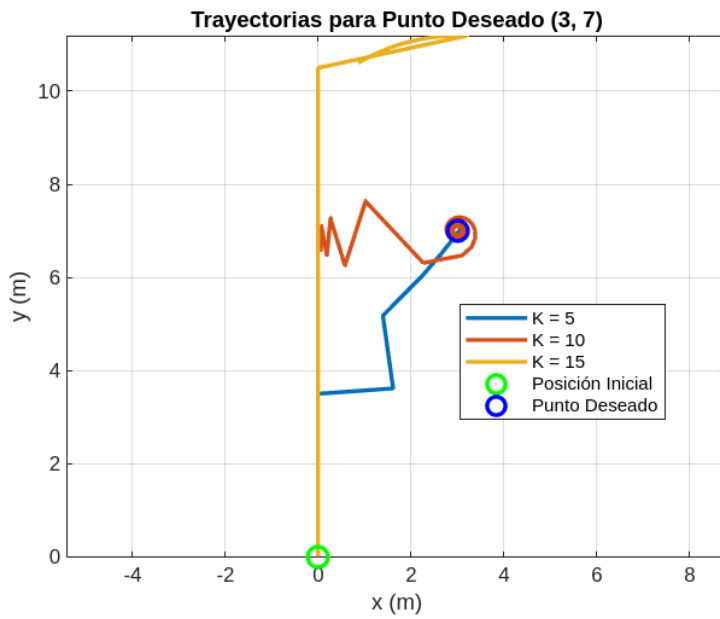


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

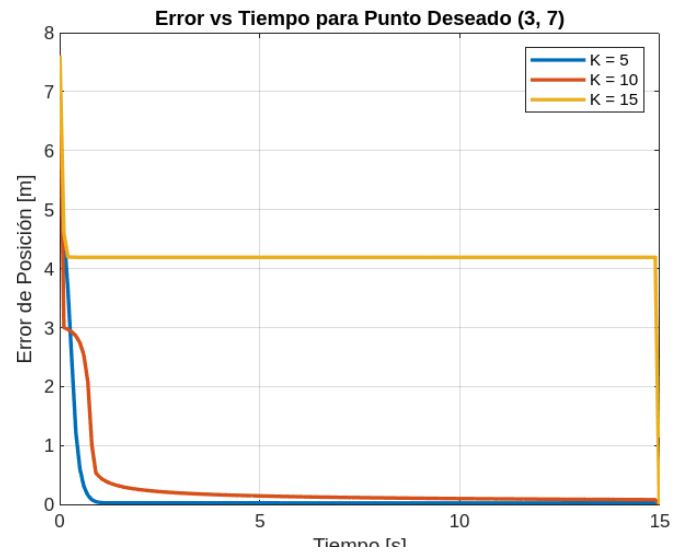


b) (3, 7)

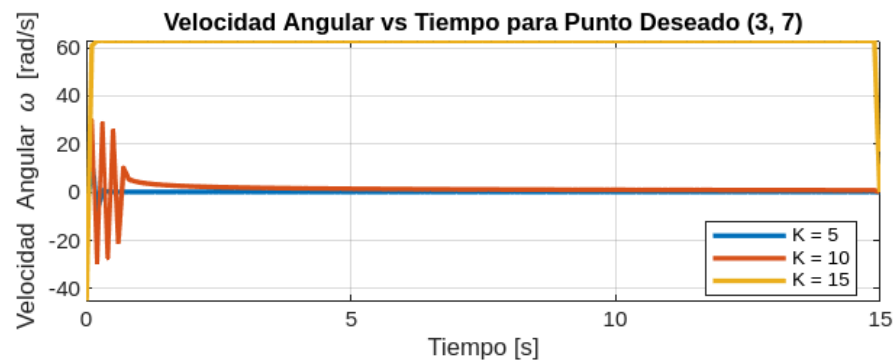
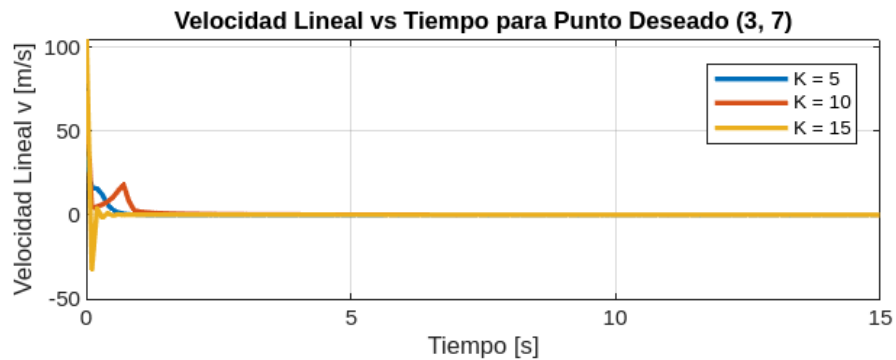
Trayectoria



Error vs tiempo

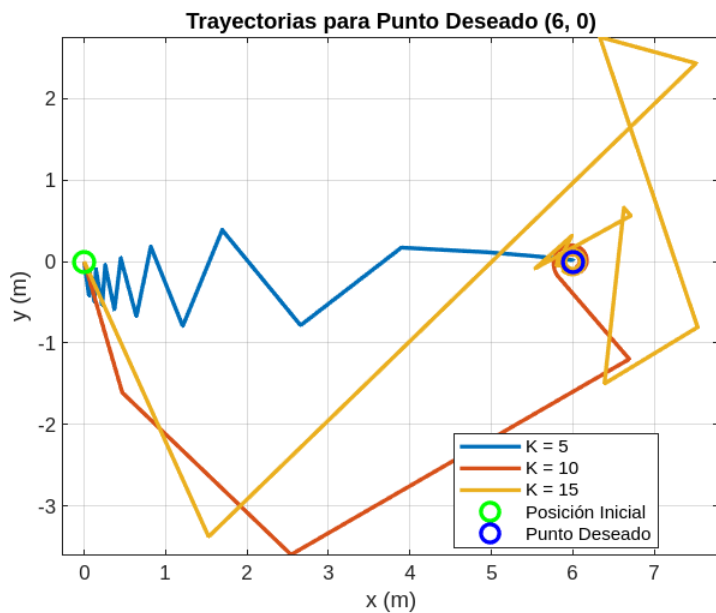


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

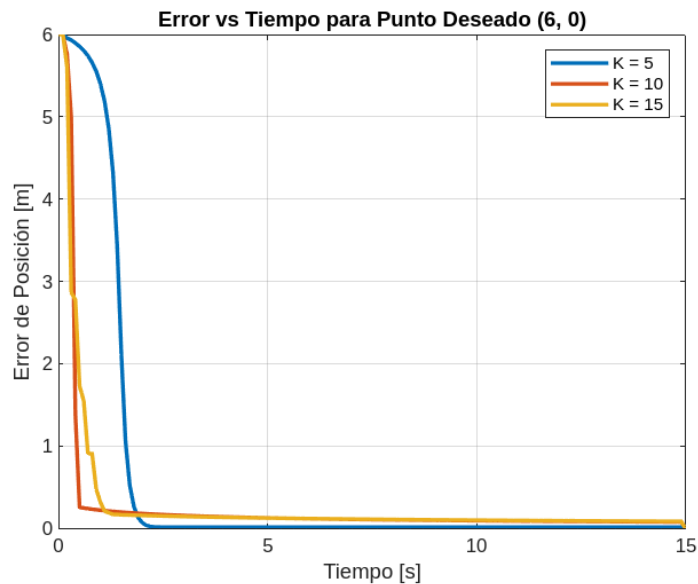


c) (6, 0)

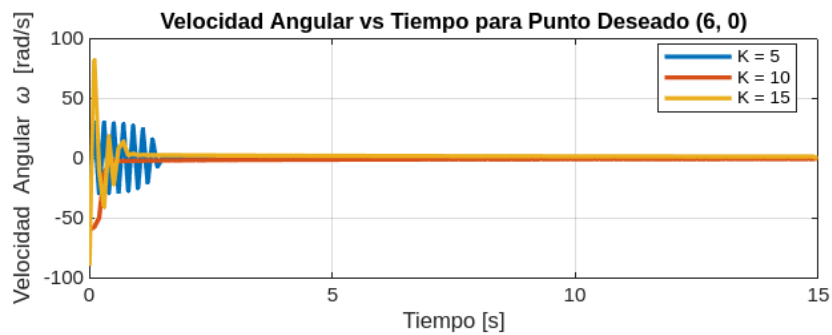
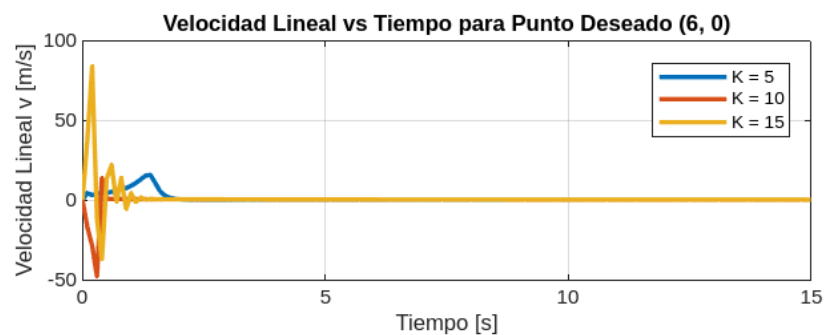
Trayectoria



Error vs tiempo

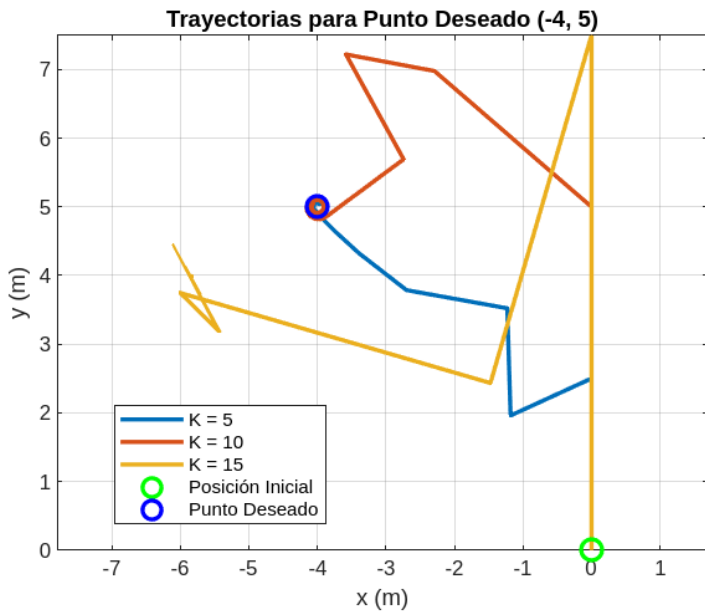


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

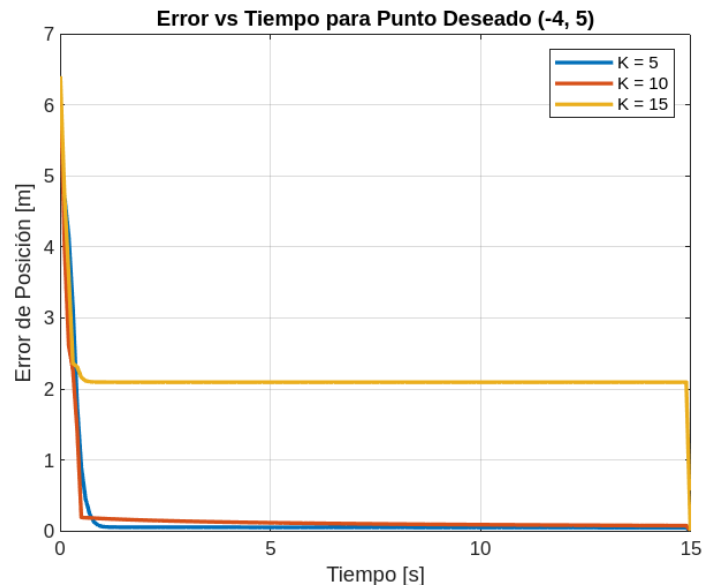


d) (-4, 5)

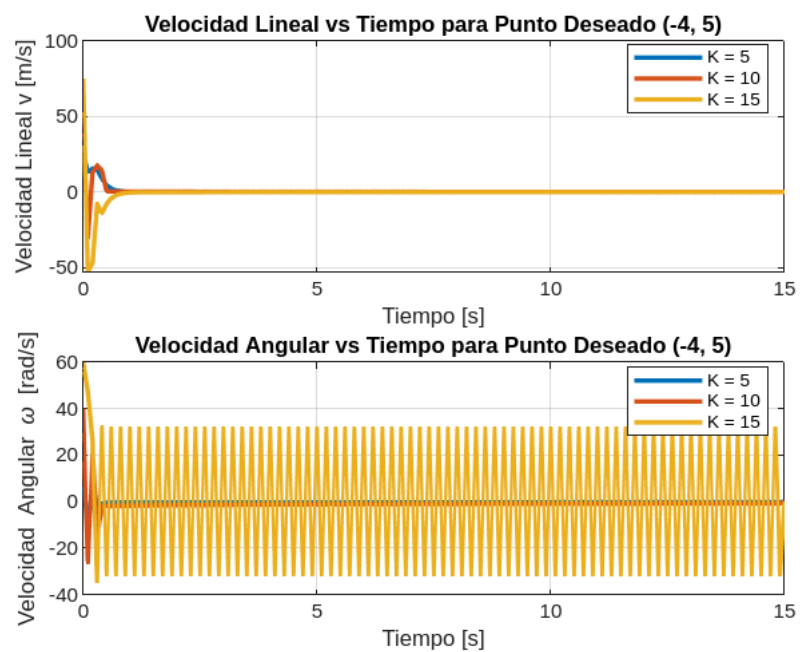
Trayectoria



Error vs tiempo

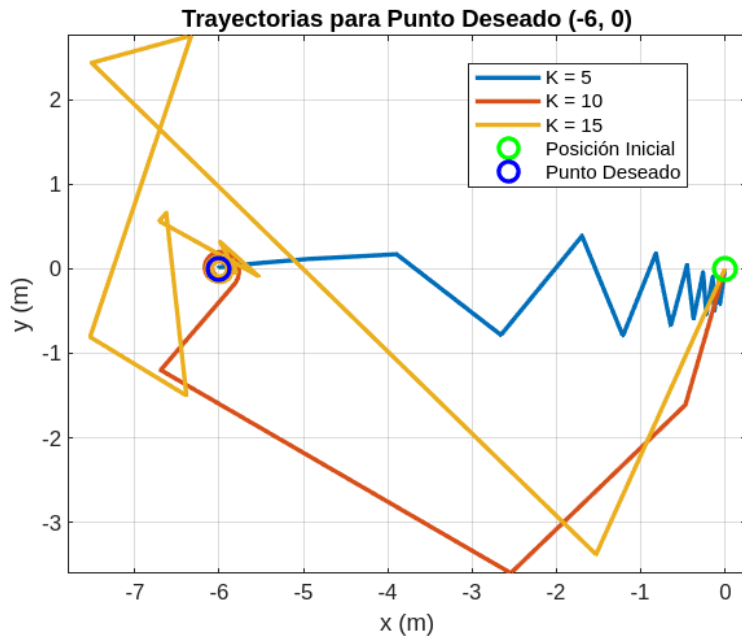


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

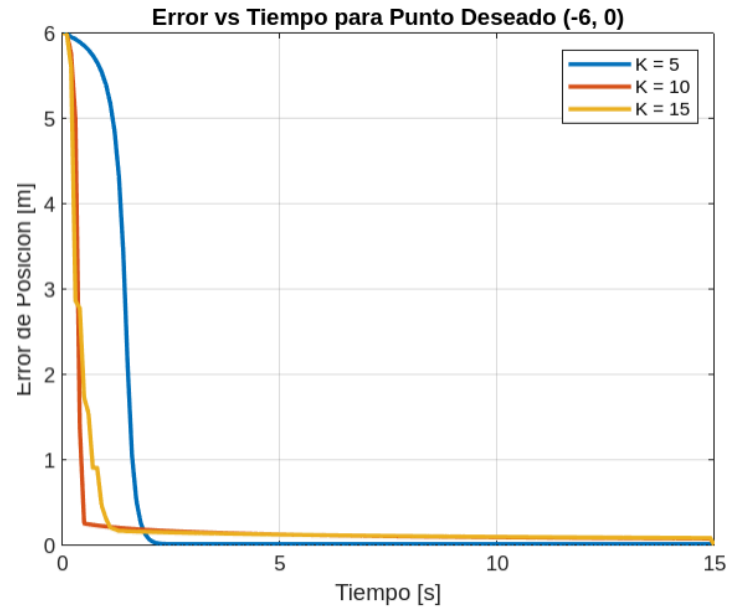


e) $(-6, 0)$

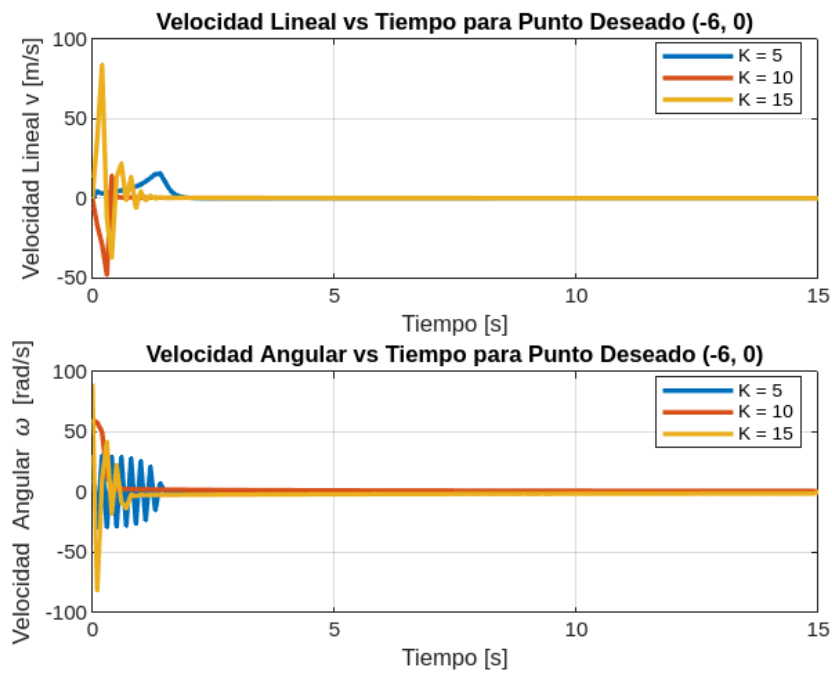
Trayectoria



Error vs tiempo



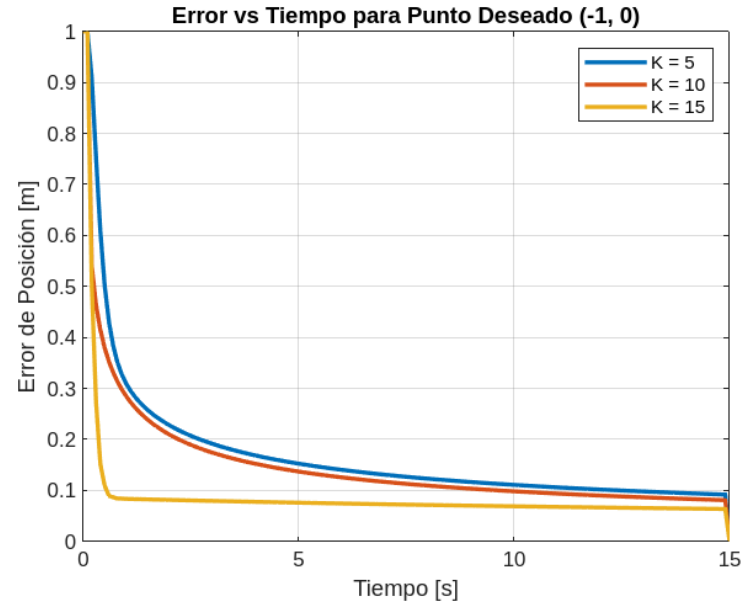
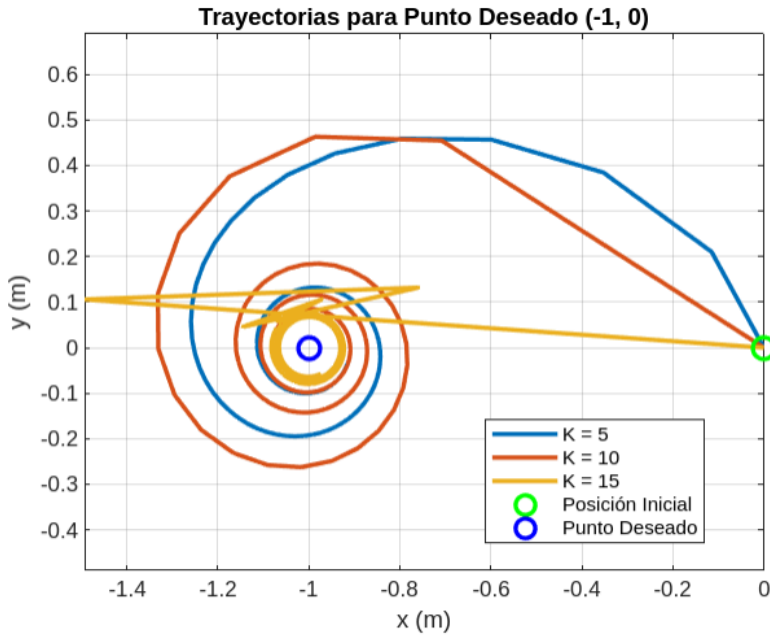
Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo



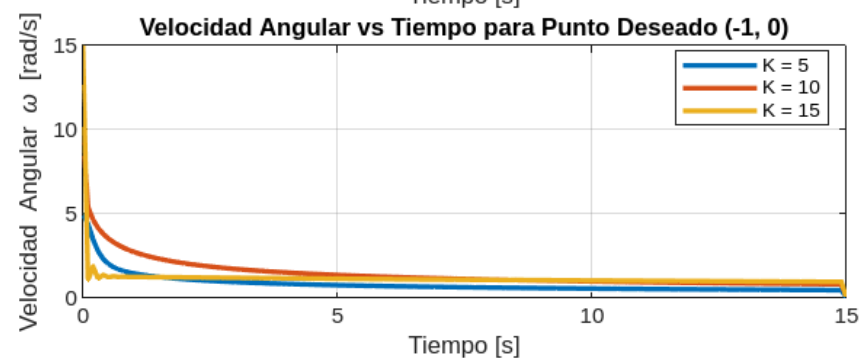
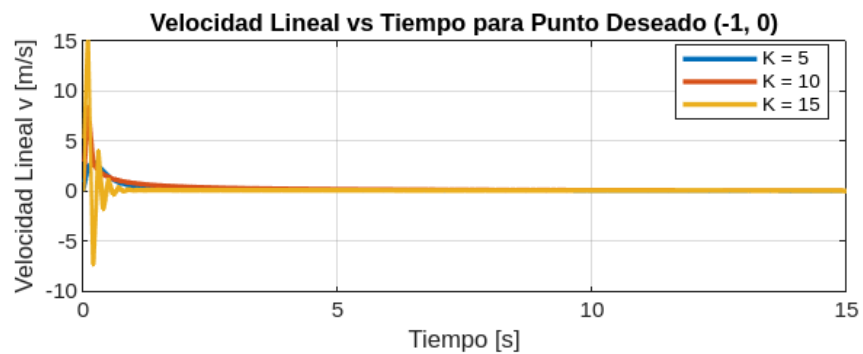
f) $(-1, 0)$

Trayectoria

Error vs tiempo

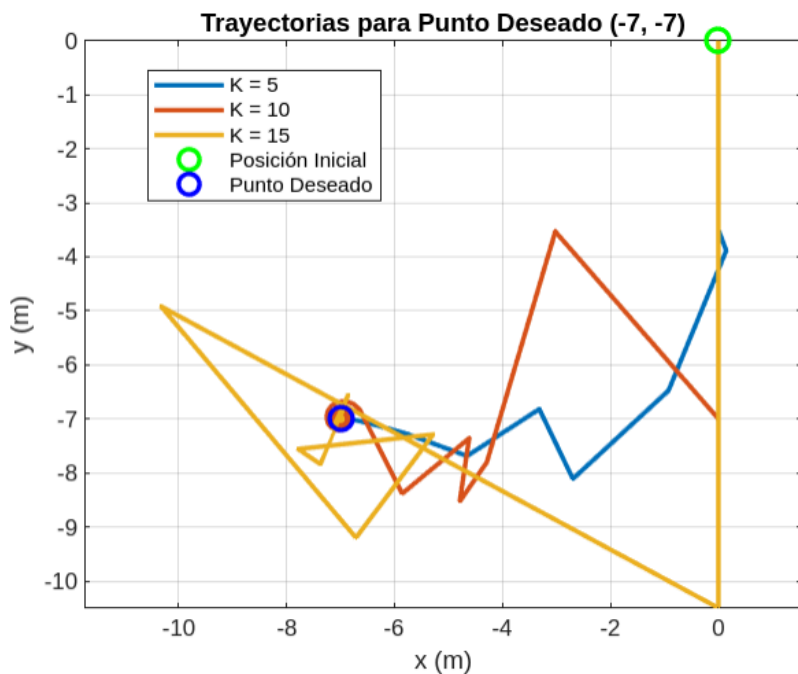


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

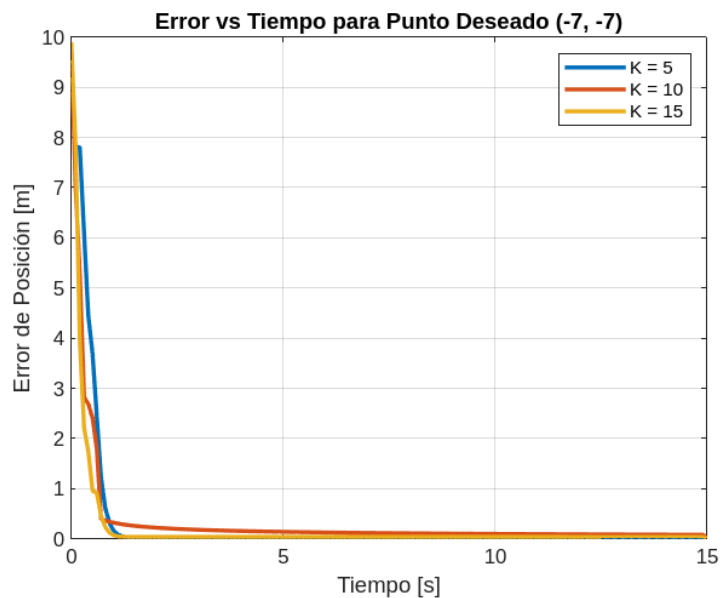


g) (-7, -7)

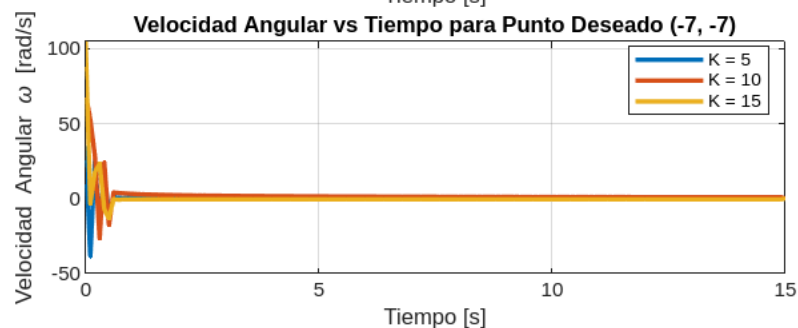
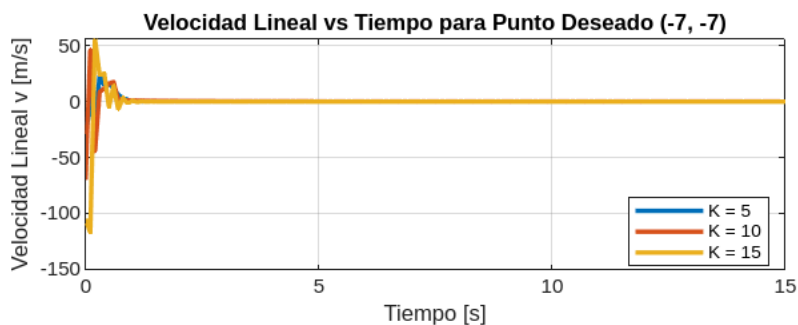
Trayectoria



Error vs tiempo

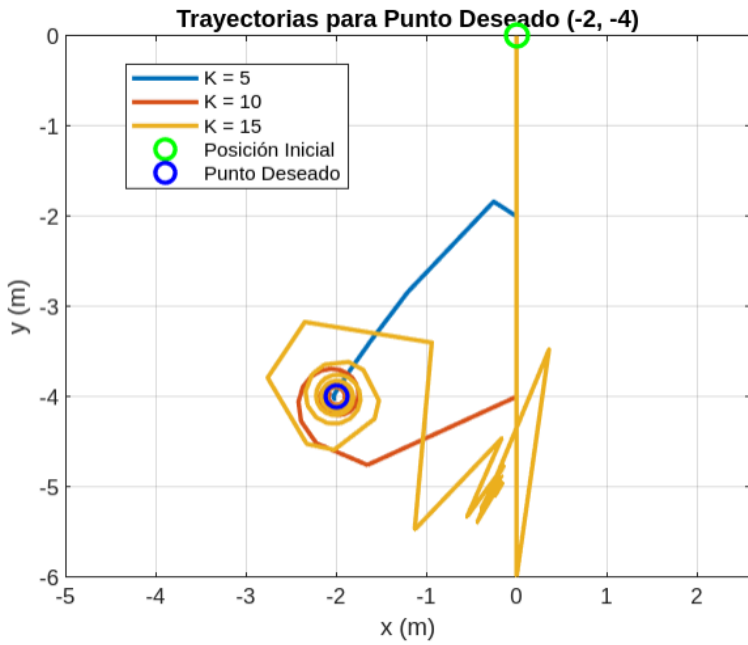


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

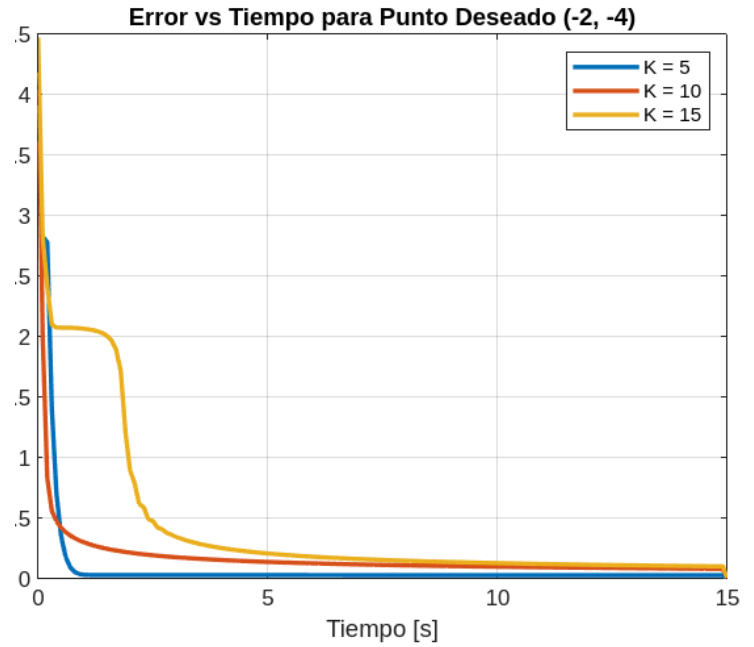


h) (-2, -4)

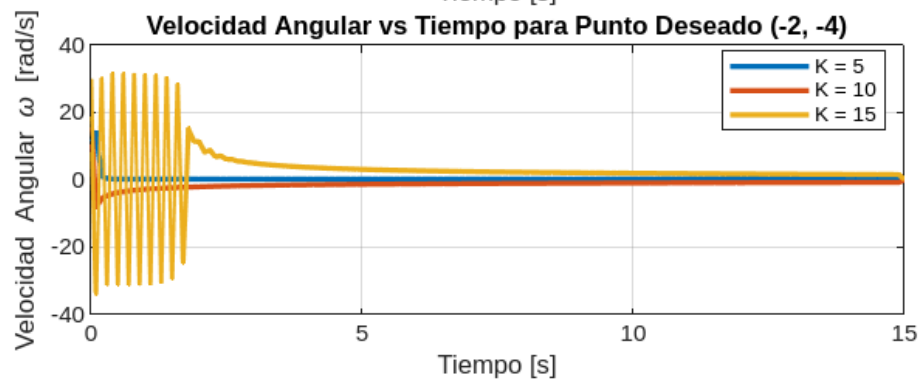
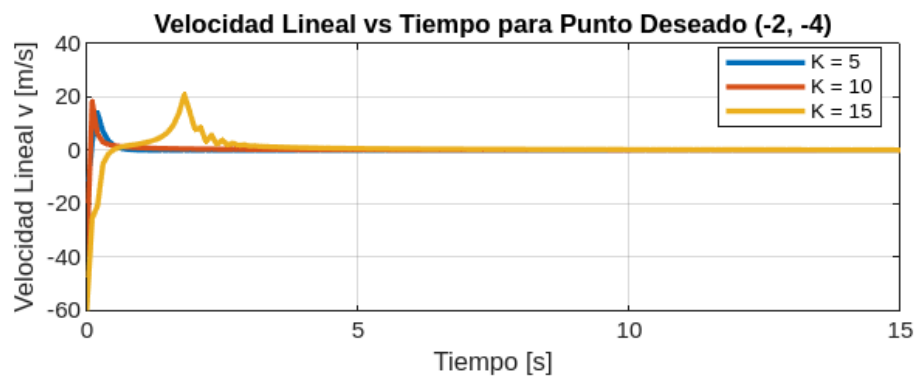
Trayectoria



Error vs tiempo

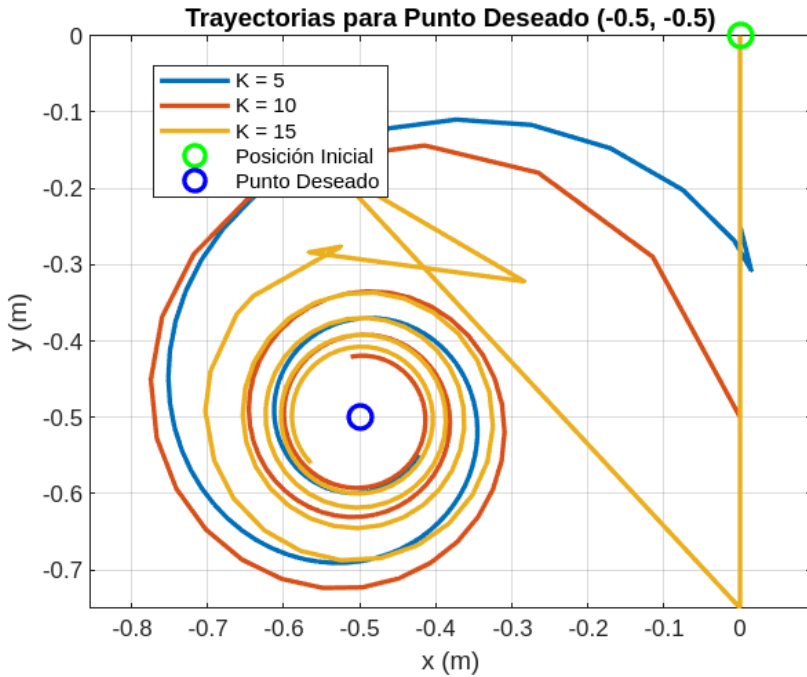


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

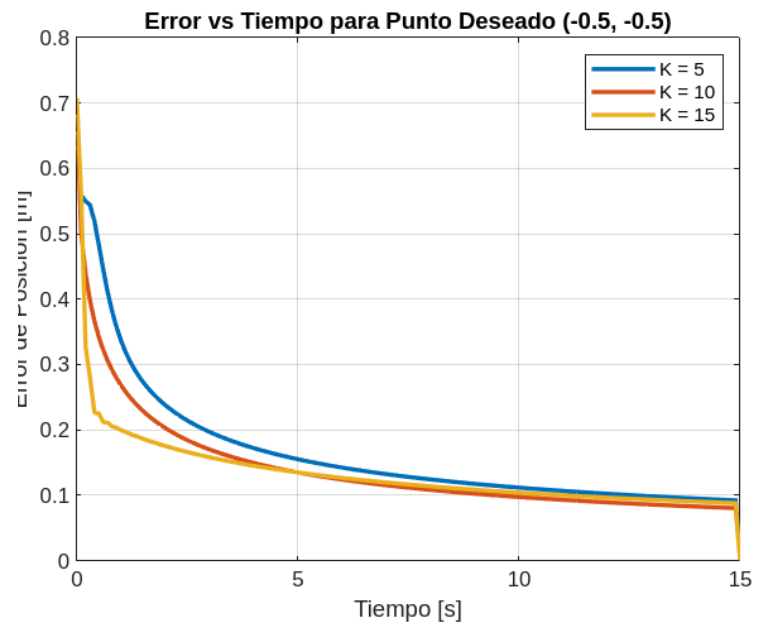


i) $(-0.5, -0.5)$

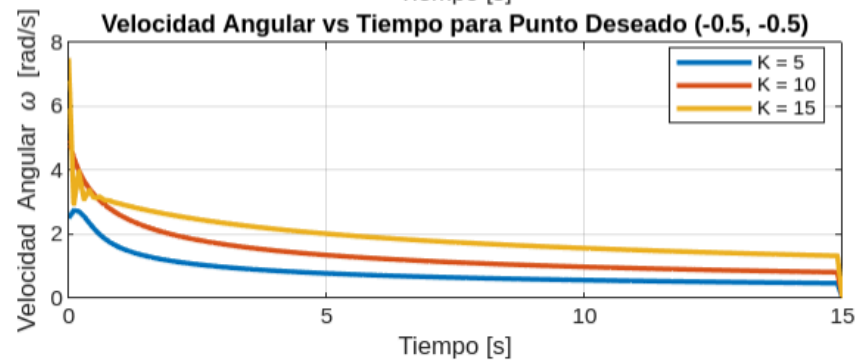
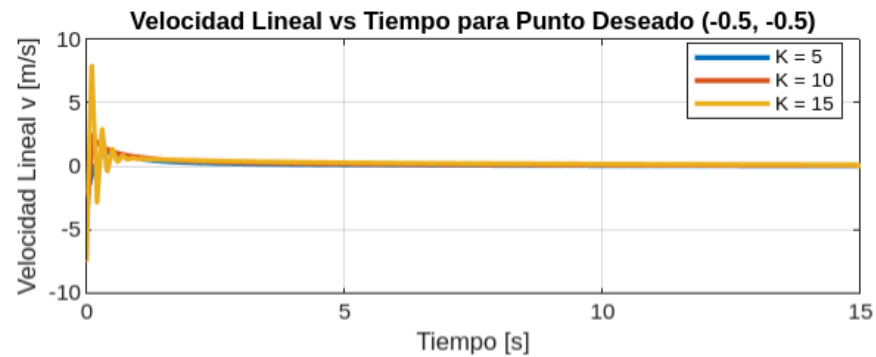
Trayectoria



Error vs tiempo

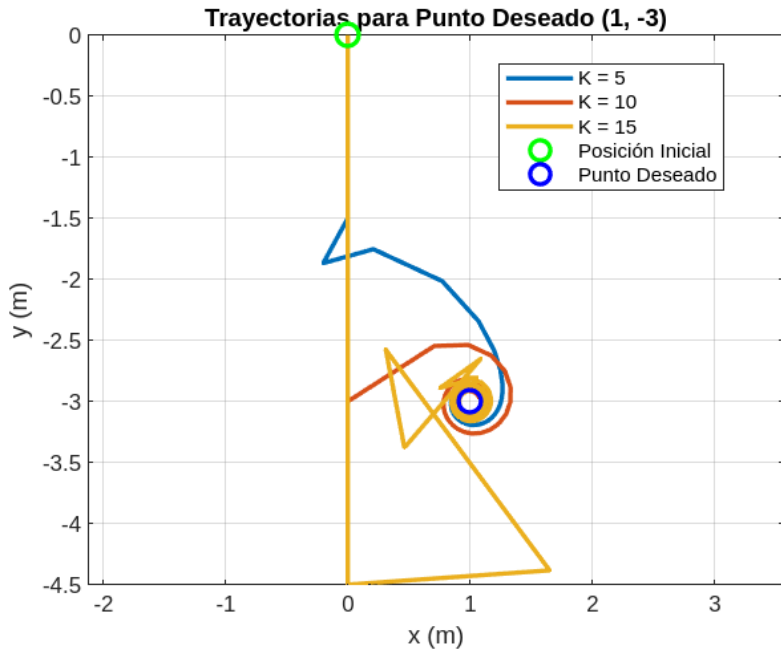


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

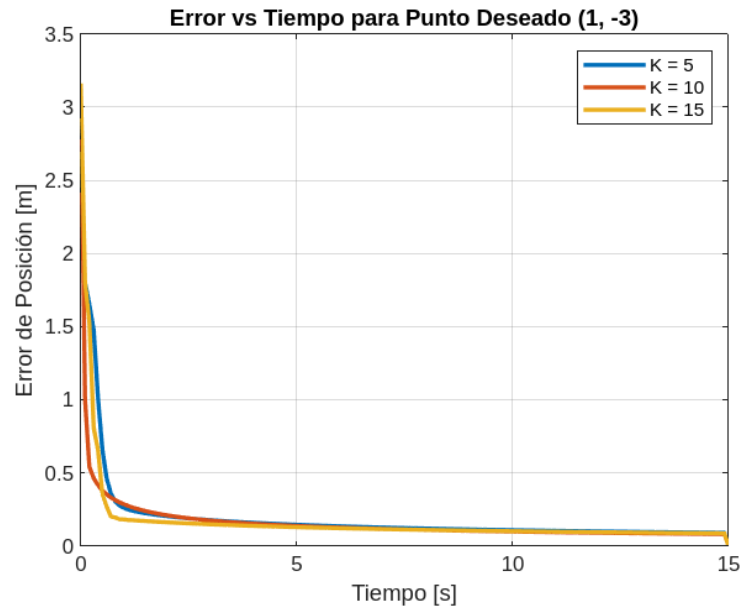


j) (1, -3)

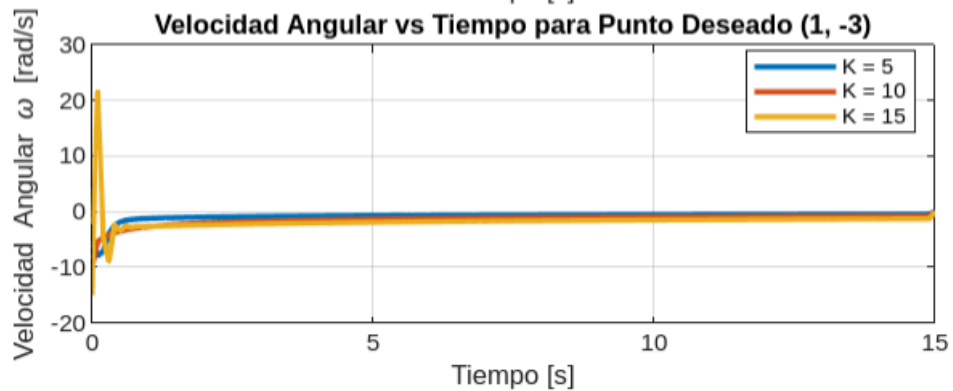
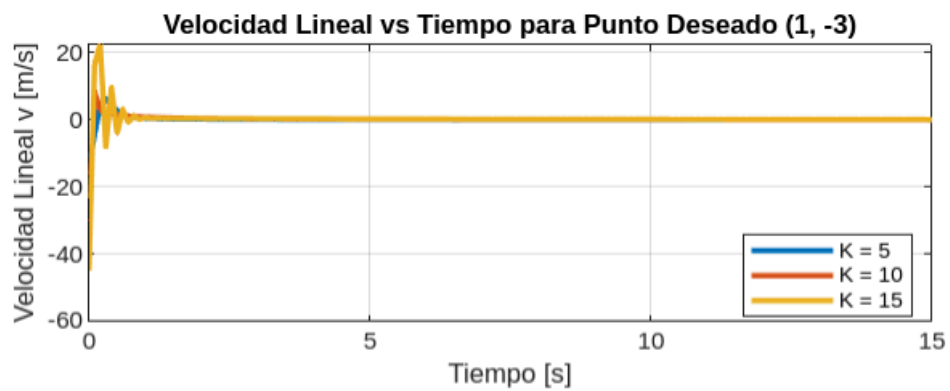
Trayectoria



Error vs tiempo



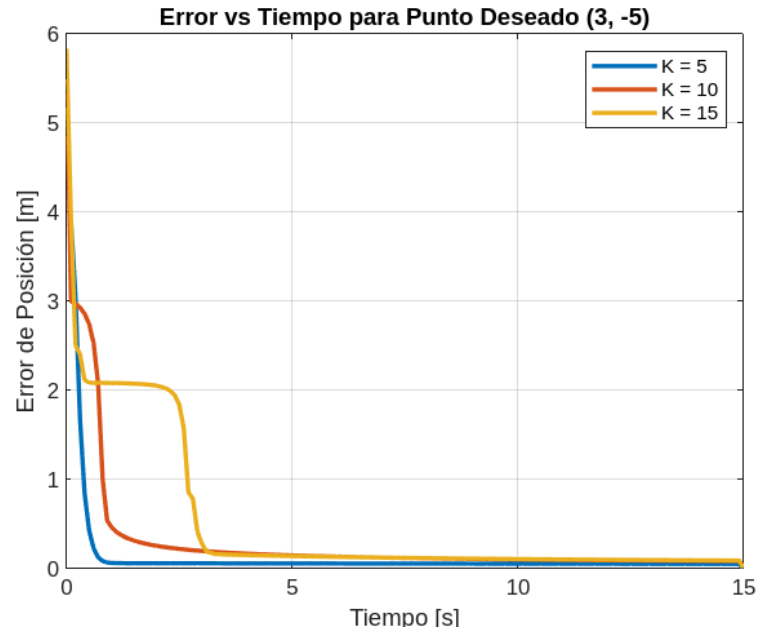
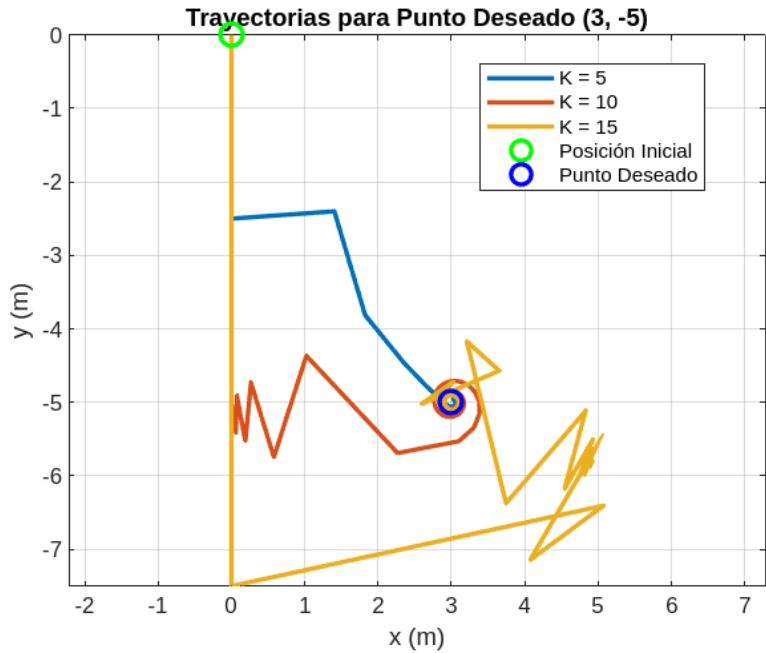
Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo



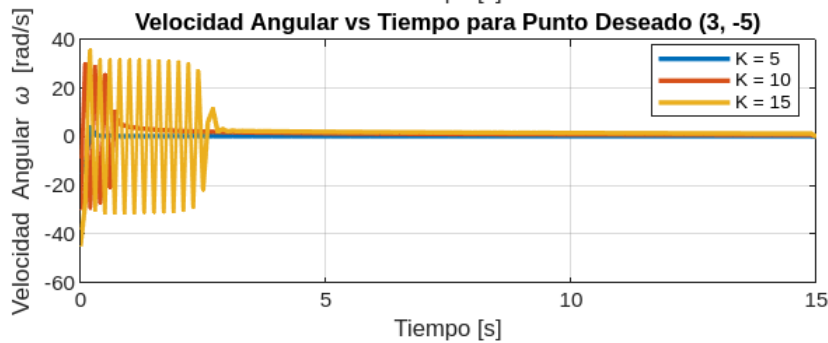
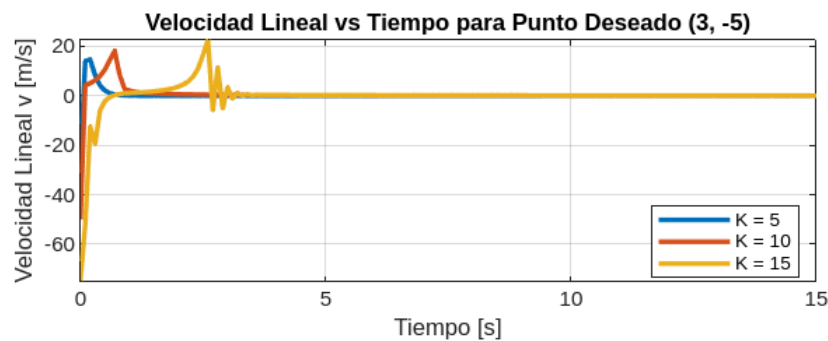
k) (3, -5)

Trayectoria

Error vs tiempo



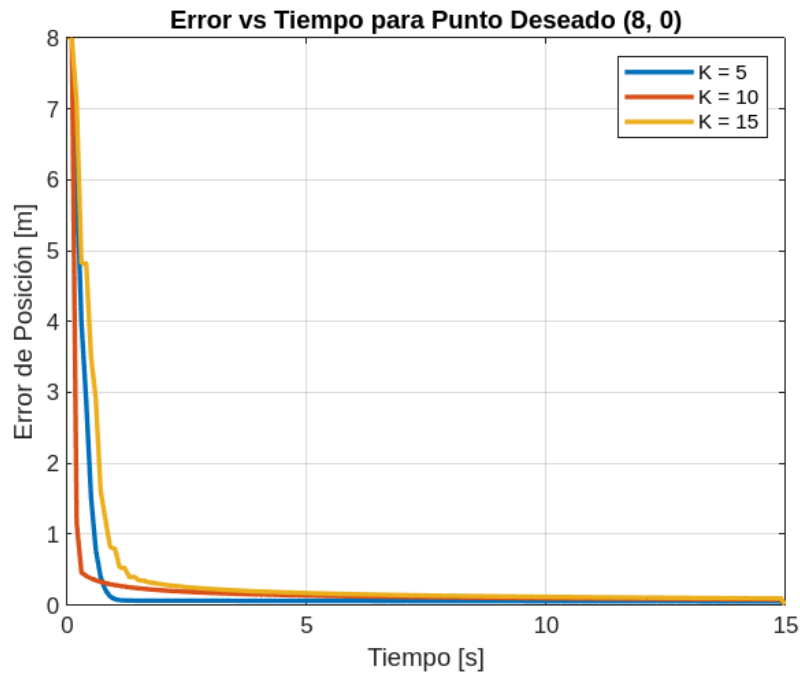
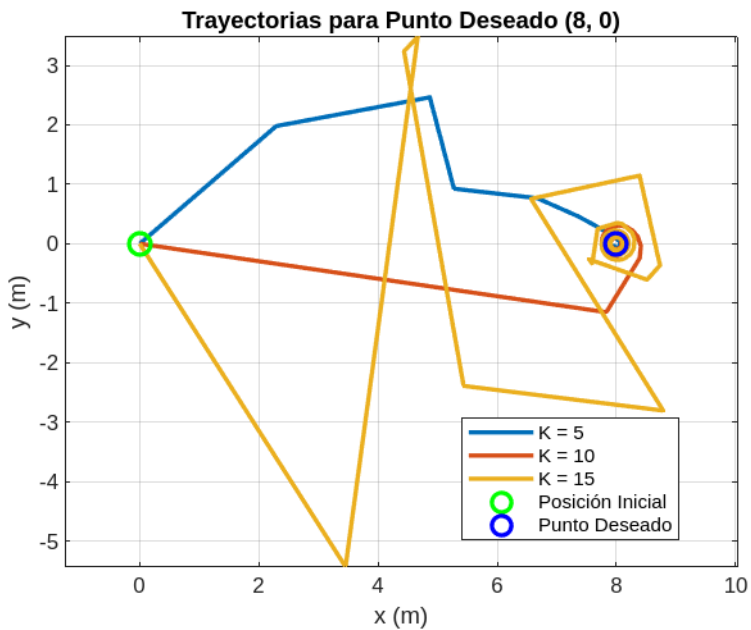
Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo



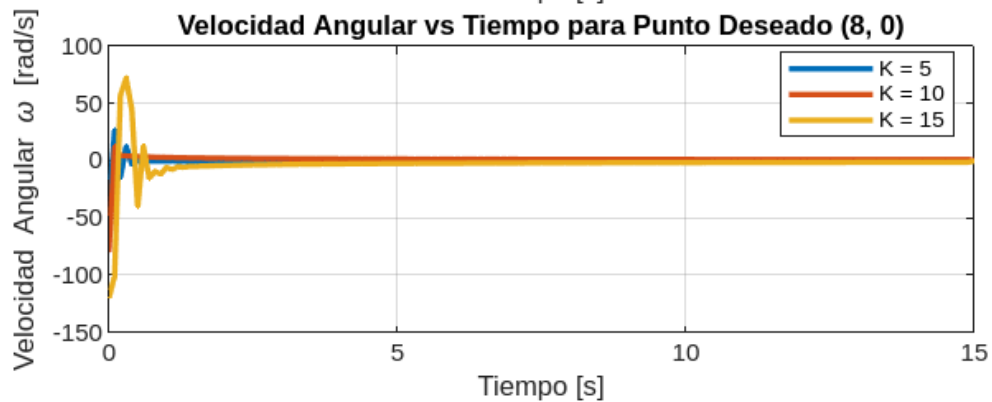
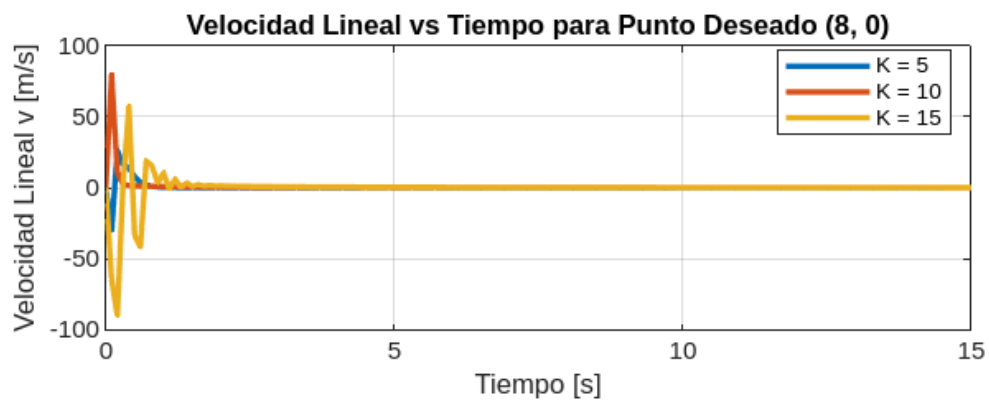
I) (8, 0)

Trayectoria

Error vs tiempo

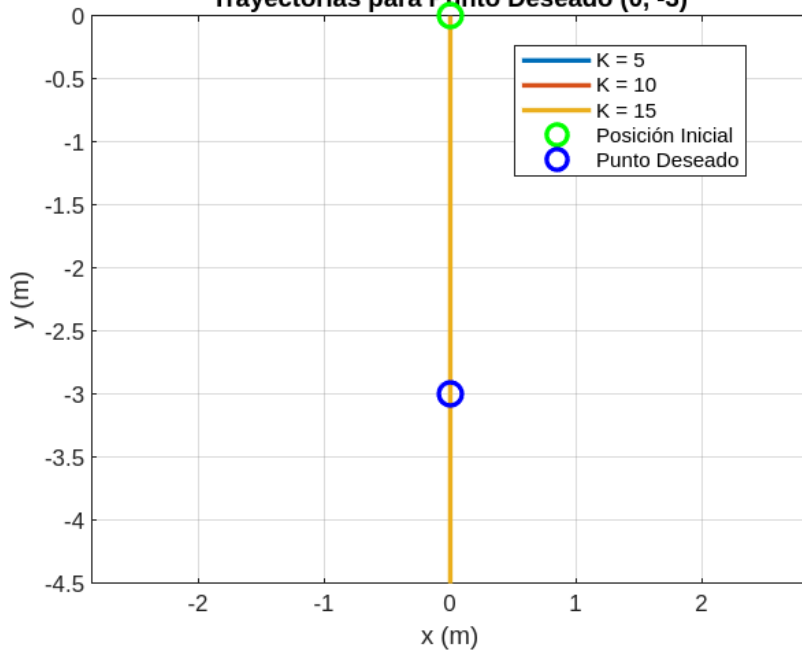


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo



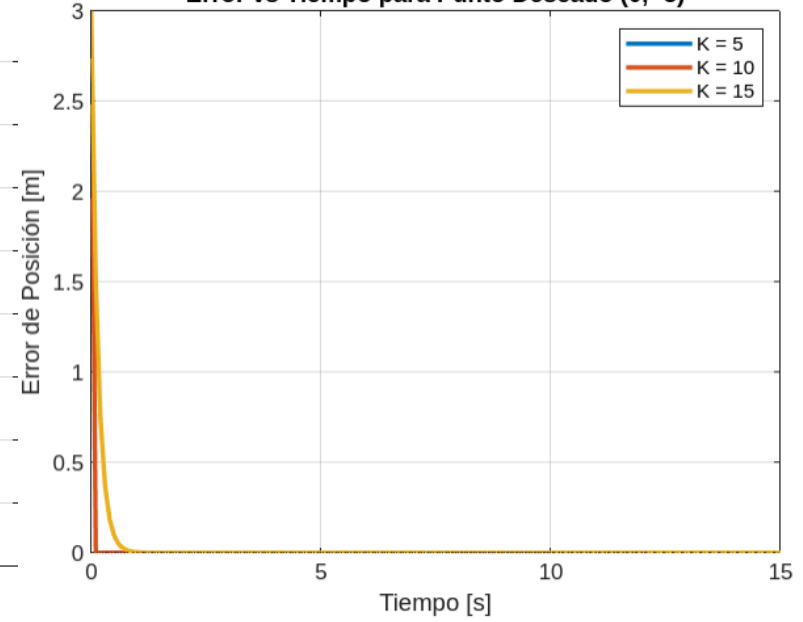
m) (0, -3)

Trayectorias para Punto Deseado (0, -3)



Trayectoria

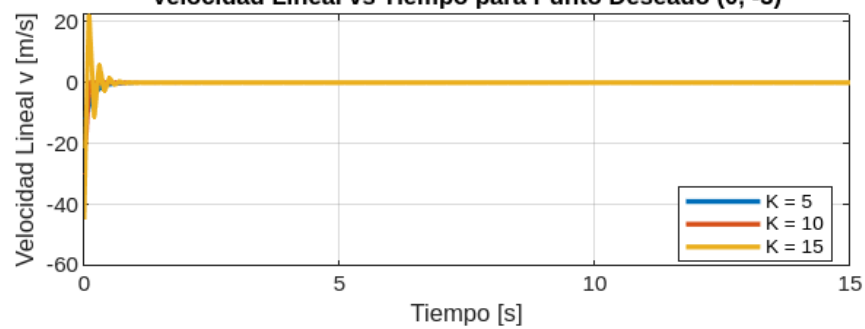
Error vs Tiempo para Punto Deseado (0, -3)



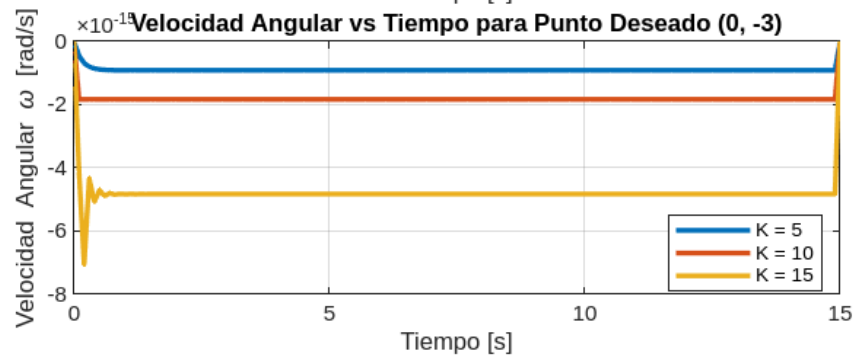
Error vs tiempo

Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

Velocidad Lineal vs Tiempo para Punto Deseado (0, -3)



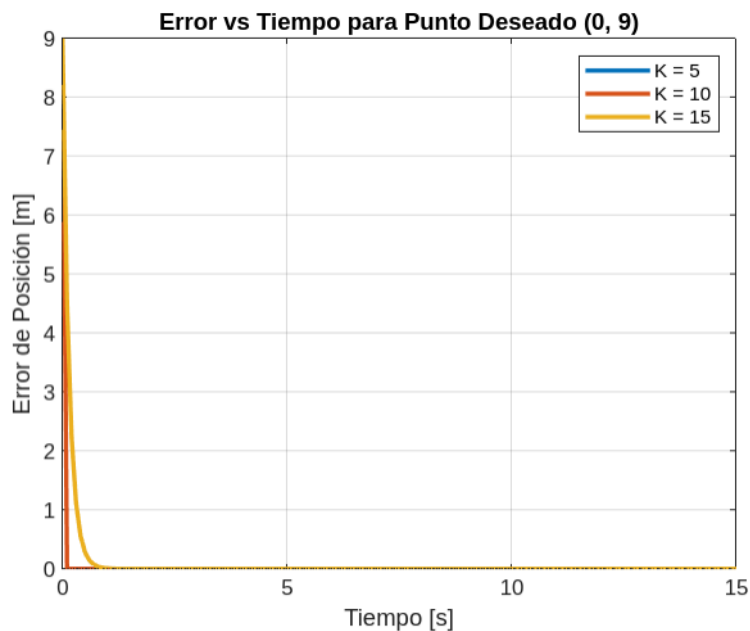
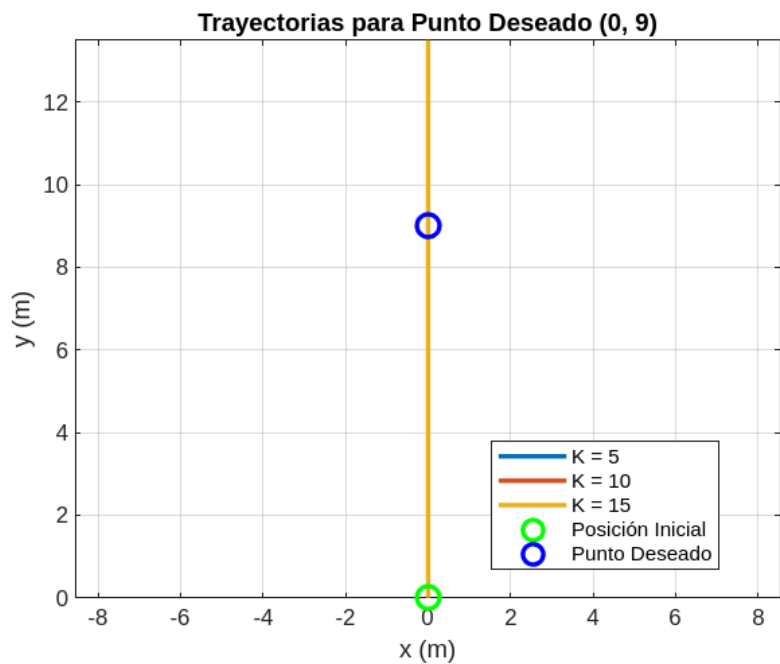
Velocidad Angular vs Tiempo para Punto Deseado (0, -3)



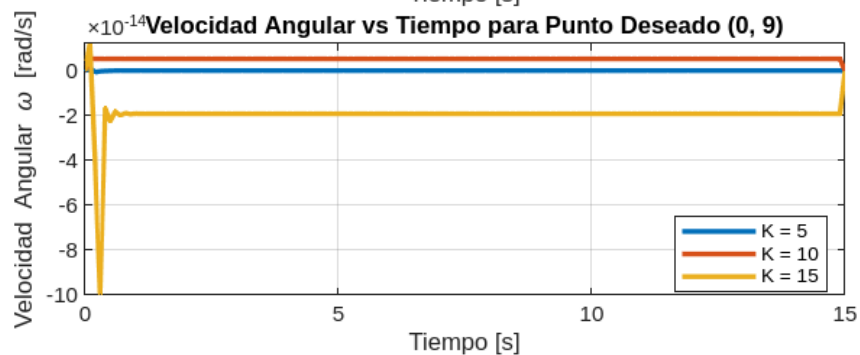
n) (0, 9)

Trayectoria

Error vs tiempo

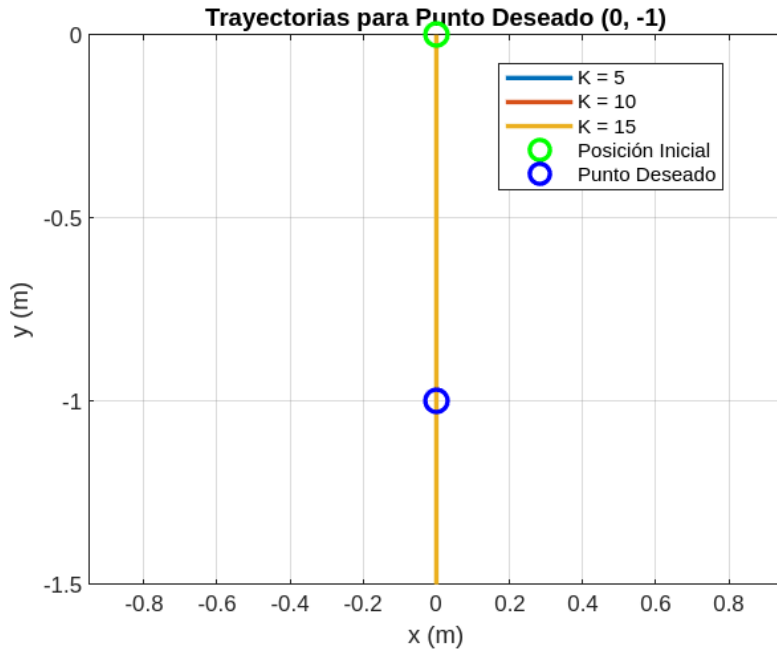


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

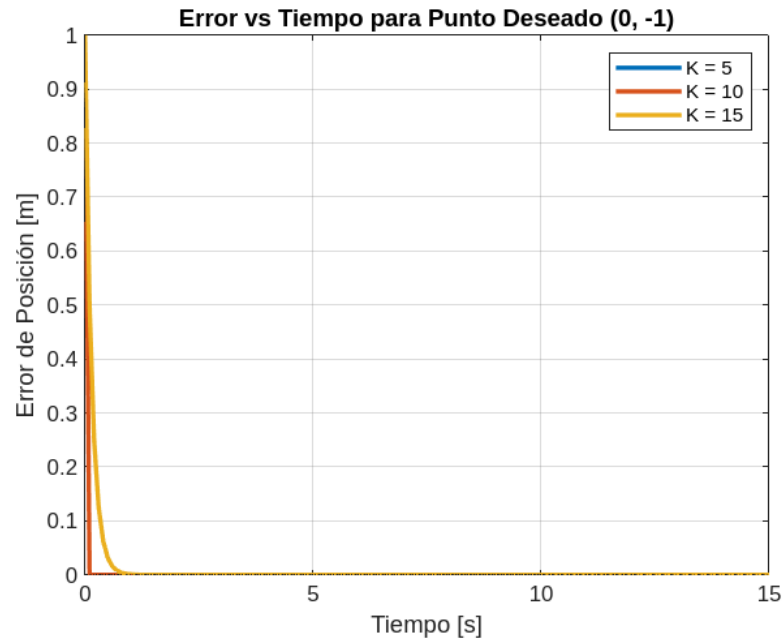


\tilde{n} (0, -1)

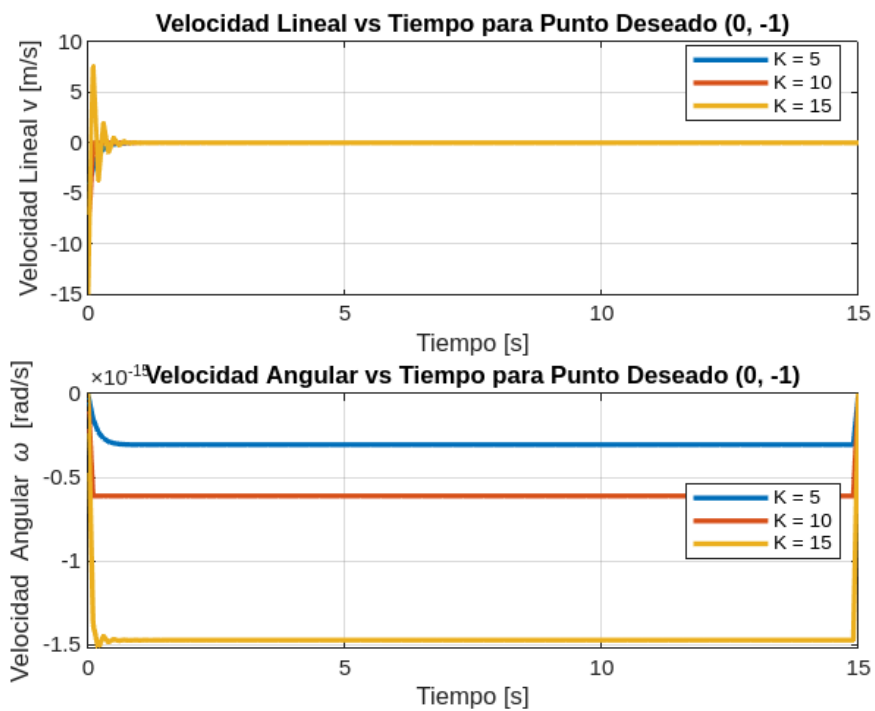
Trayectoria



Error vs tiempo



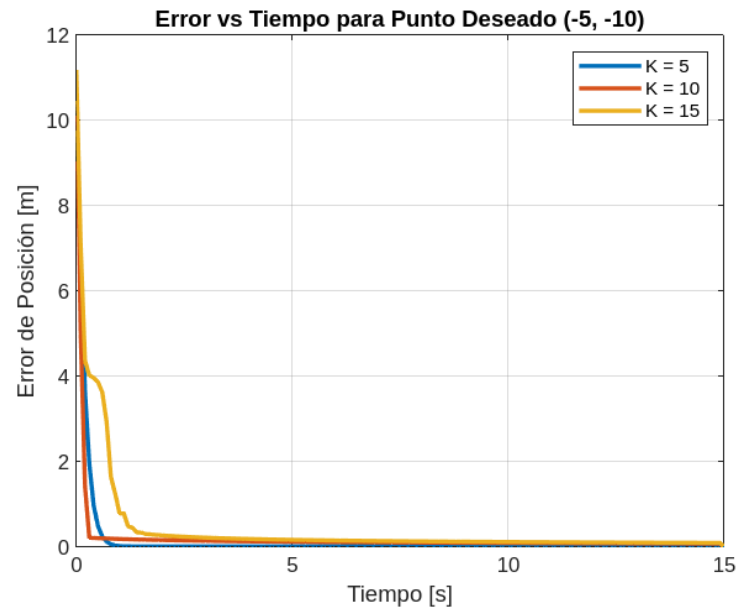
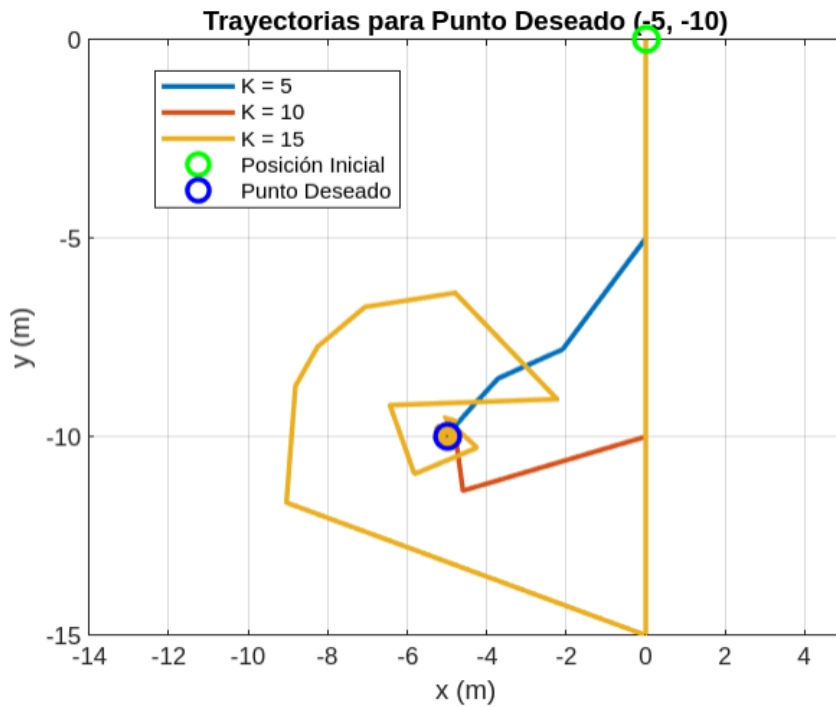
Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo



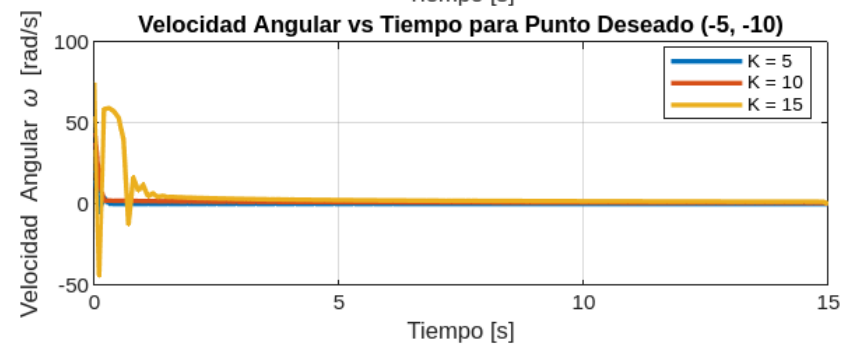
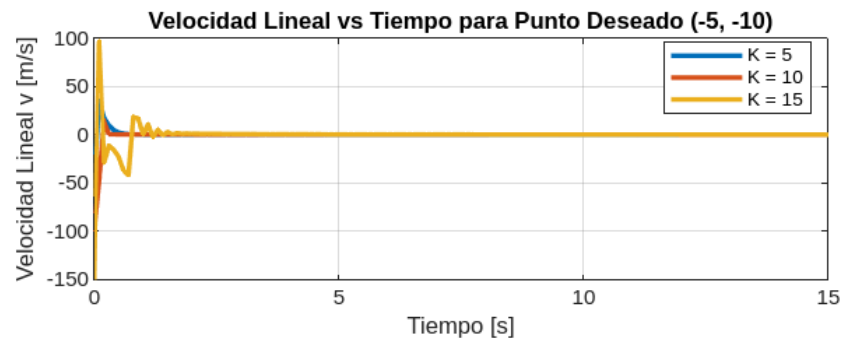
o) (-5, -10)

Trayectoria

Error vs tiempo

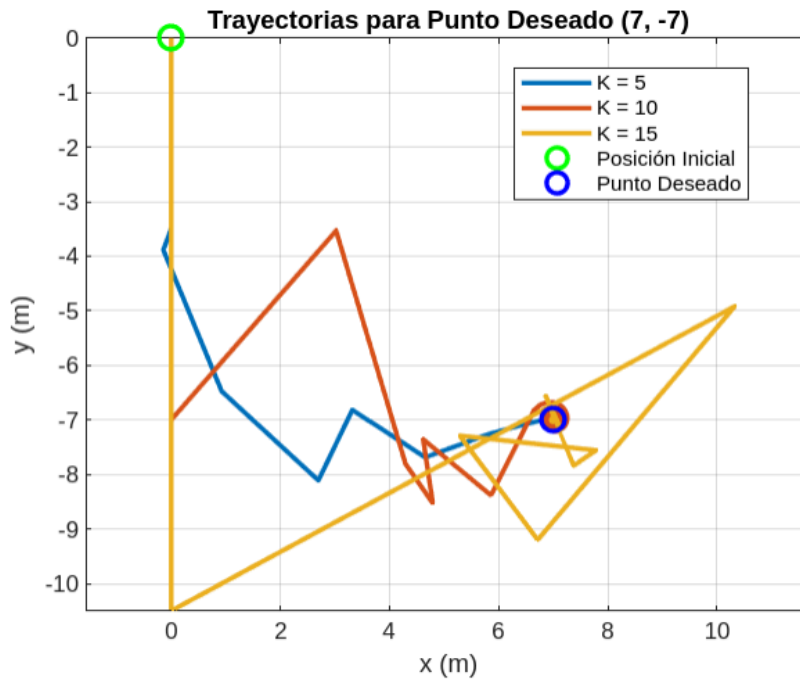


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

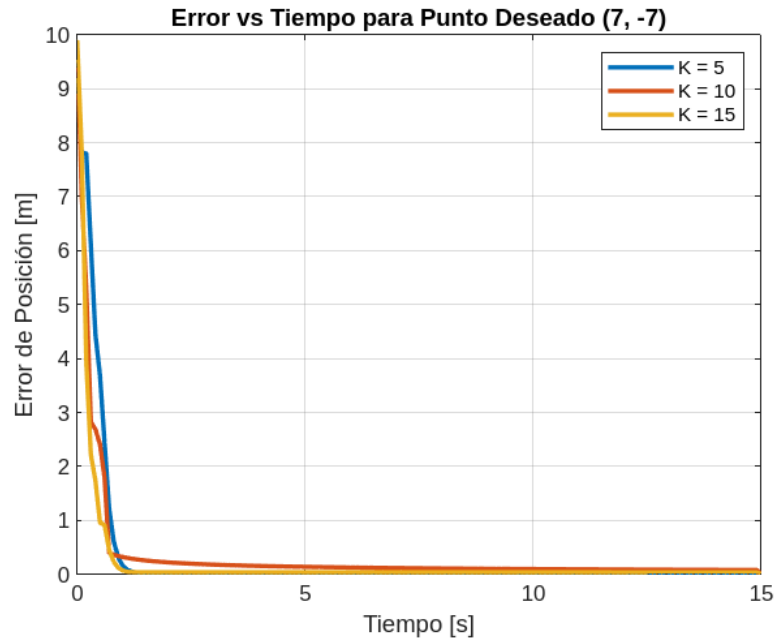


p) (7, -7)

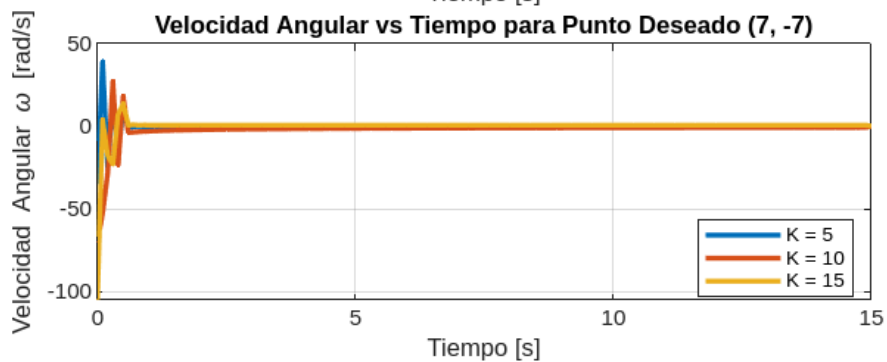
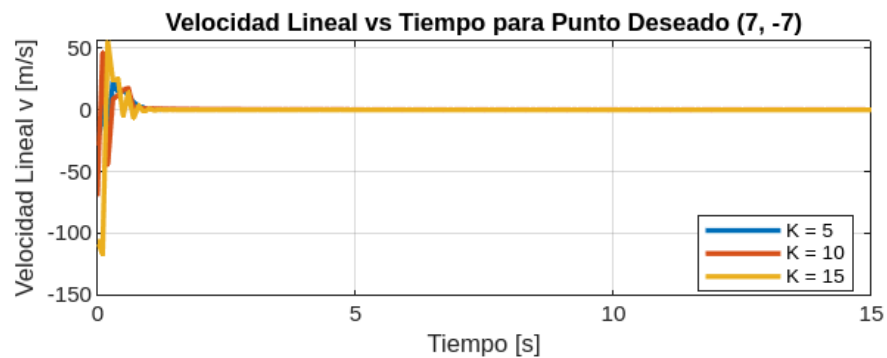
Trayectoria



Error vs tiempo



Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

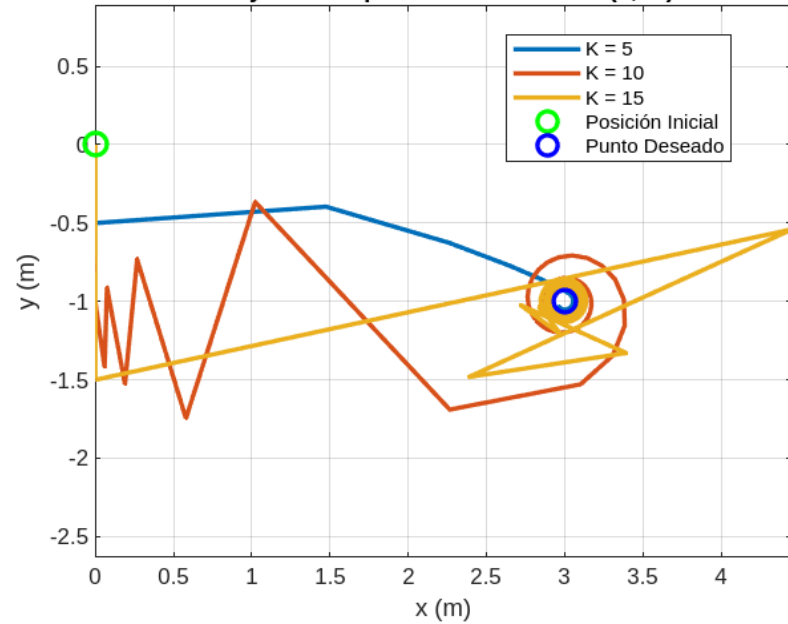


q) (3, -1)

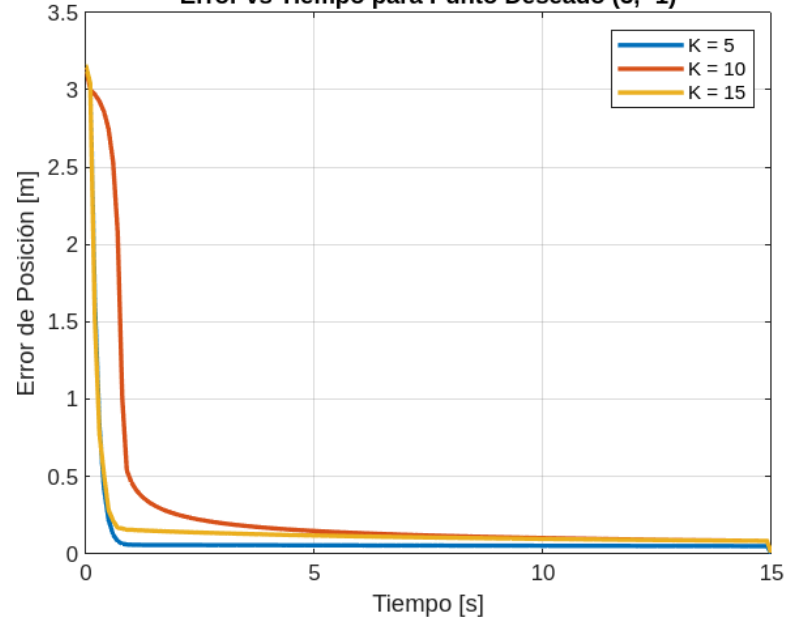
Trayectoria

Error vs tiempo

Trayectorias para Punto Deseado (3, -1)

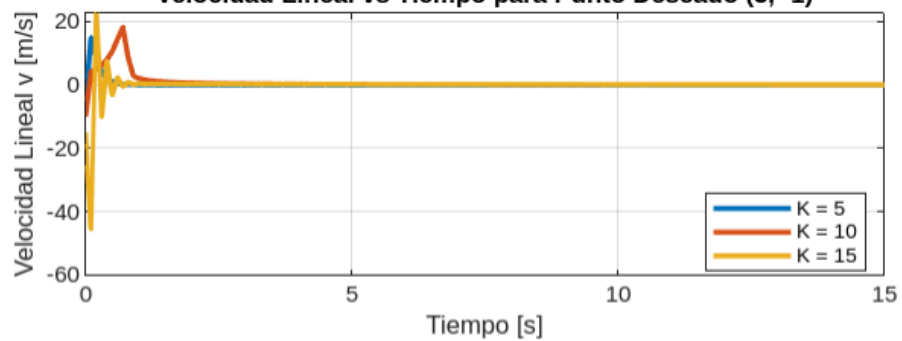


Error vs Tiempo para Punto Deseado (3, -1)

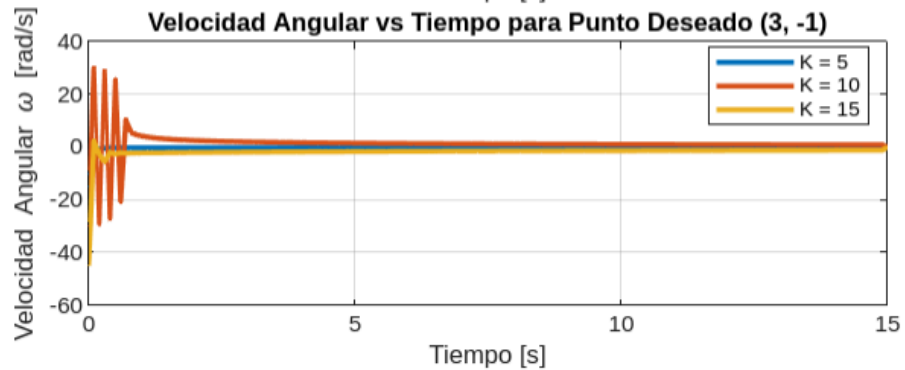


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

Velocidad Lineal vs Tiempo para Punto Deseado (3, -1)



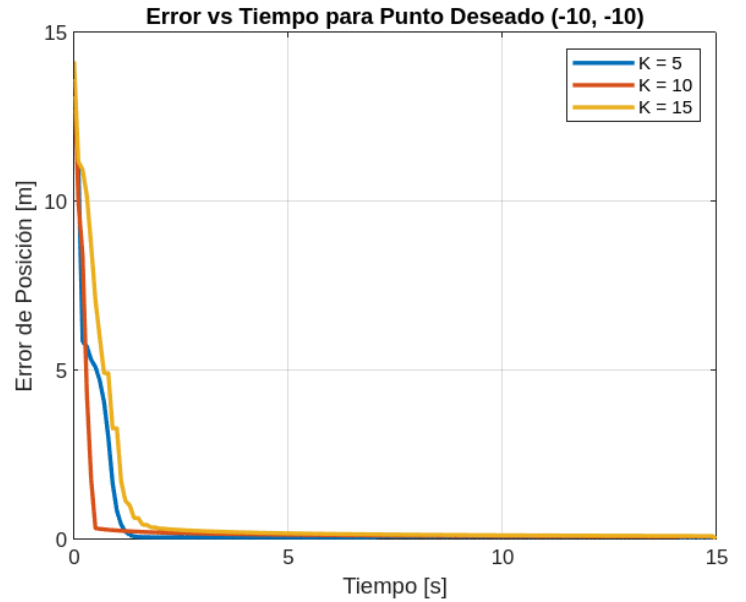
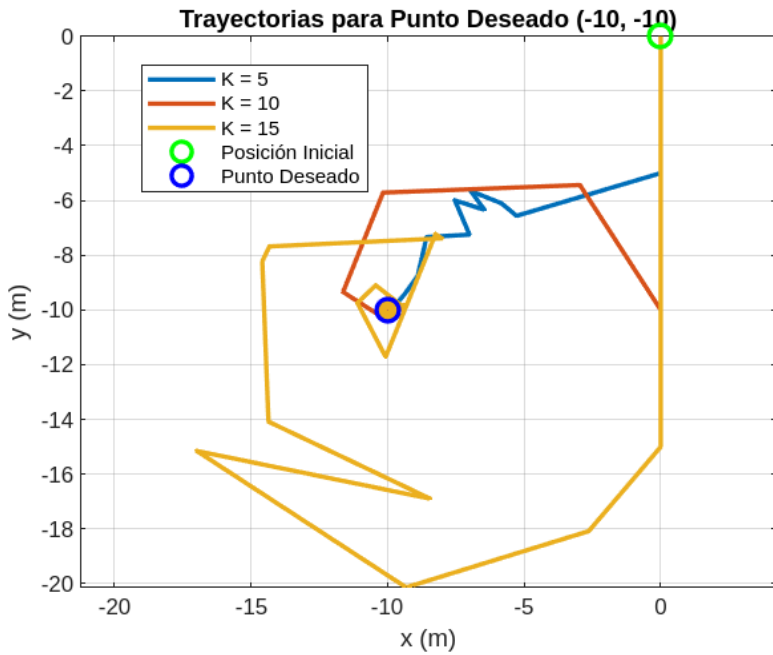
Velocidad Angular vs Tiempo para Punto Deseado (3, -1)



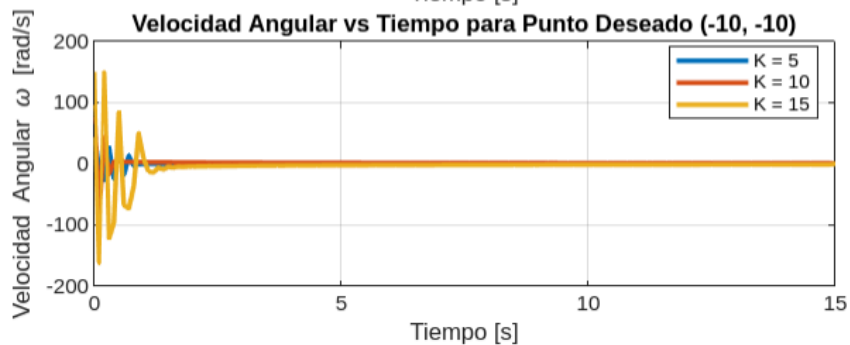
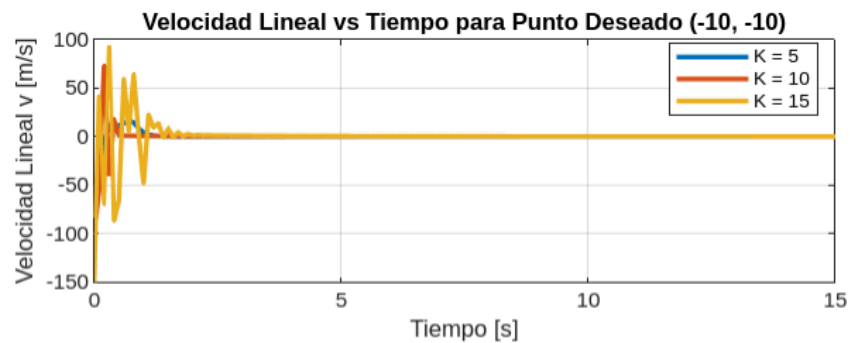
r) (-10, -10)

Trayectoria

Error vs tiempo



Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

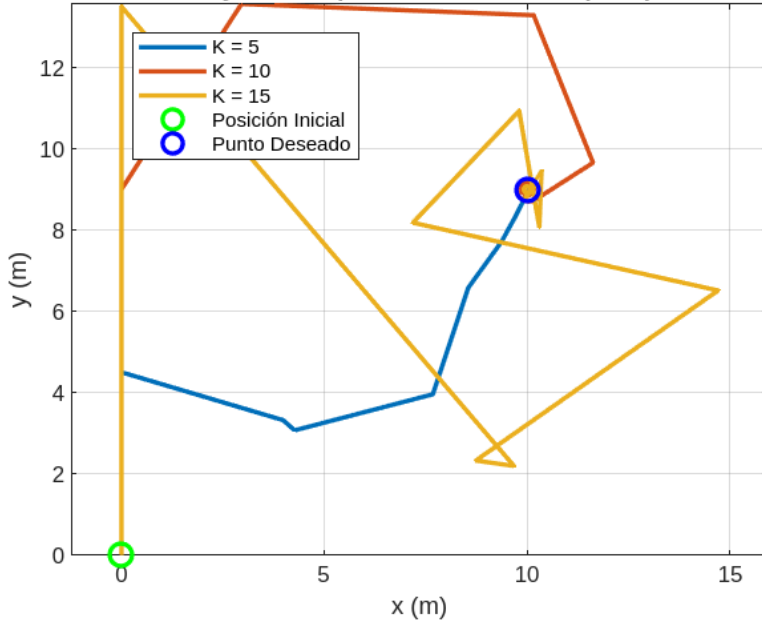


s) (10, 9)

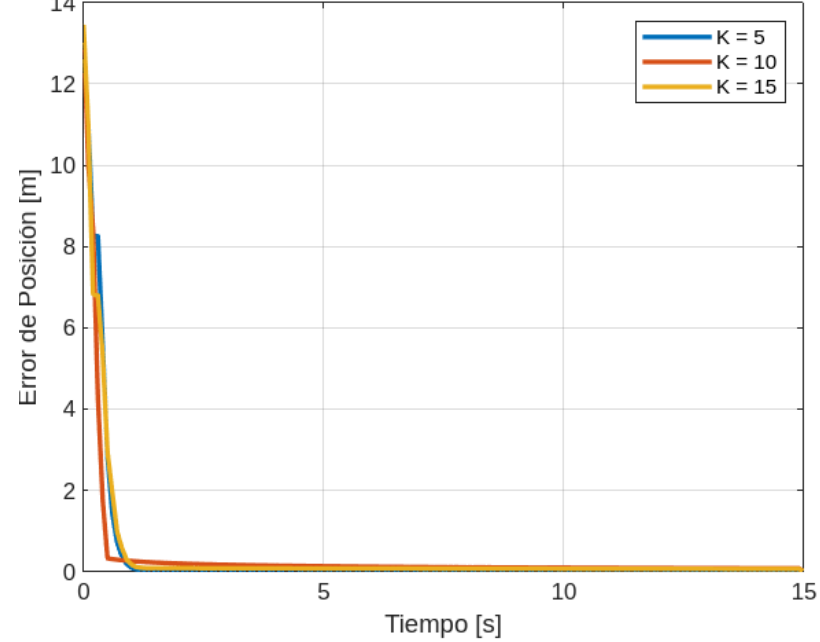
Trayectoria

Error vs tiempo

Trayectorias para Punto Deseado (10, 9)

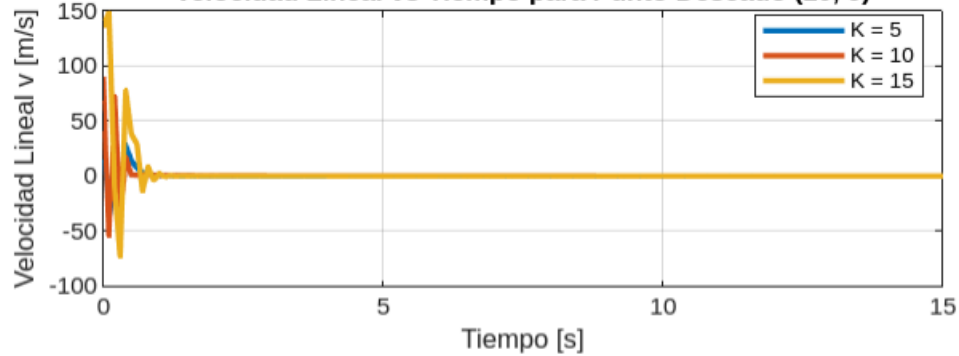


Error vs Tiempo para Punto Deseado (10, 9)

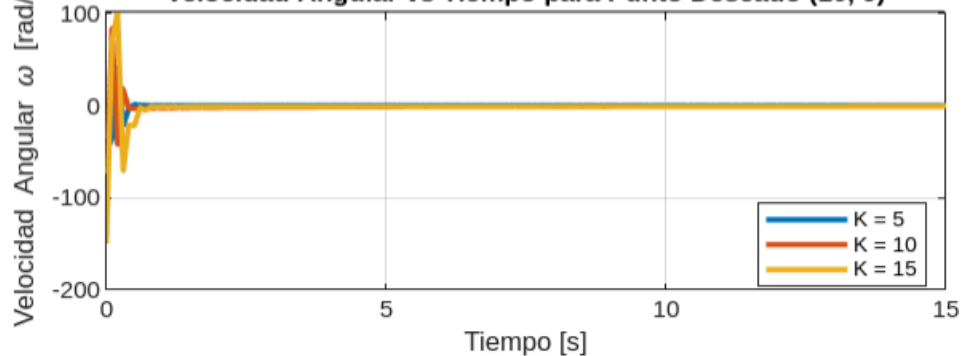


Velocidad lineal vs tiempo y Velocidad angular vs tiempo

Velocidad Lineal vs Tiempo para Punto Deseado (10, 9)



Velocidad Angular vs Tiempo para Punto Deseado (10, 9)



1. Introducción

En esta actividad se implementó un controlador en lazo cerrado para posicionar un robot diferencial en 20 puntos deseados. Se realizaron simulaciones utilizando tres valores diferentes de ganancia en la matriz de control: $K = 5, 10$ y 15 . Para cada punto se generaron 4 gráficas de respuesta:

- **Trayectoria:** muestra el camino seguido por el robot.
- **Error vs Tiempo:** muestra la evolución del error de posición.
- **Velocidad Lineal vs Tiempo:** evidencia cómo varía la velocidad lineal de entrada.
- **Velocidad Angular vs Tiempo:** evidencia la variación de la velocidad angular.

El objetivo es determinar, mediante un análisis comparativo, cuál de estos valores de ganancia permite posicionar al robot de forma más precisa, rápida y estable.

2. Metodología

Se implementó el controlador utilizando el método de Euler para la integración numérica, y se compararon los tres casos de ganancia aplicando el mismo modelo cinemático. Cada simulación se realizó desde la misma condición inicial $(0,0,\phi=90^\circ)$ para garantizar que la comparación entre ganancias sea coherente.

Se utilizaron los siguientes criterios para el análisis:

- **Rapidez de Convergencia:** Evaluamos el tiempo que demora el error en llegar a valores muy bajos o nulos.
- **Estabilidad:** Se observó la presencia de sobreimpulsos u oscilaciones en la trayectoria y en las velocidades.
- **Precisión:** Se analizó el valor final del error y la precisión con la que el robot alcanza la posición deseada.

3. Resultados y Análisis por Coordenada

A continuación, se resumen las observaciones basadas en las gráficas de respuesta obtenidas para cada punto deseado:

a) Punto (1, 2)

- **Ganancia $K = 5$ (Azul):**

La respuesta es lenta, lo que se evidencia en un error de posición que se mantiene elevado durante gran parte de la simulación.

- **Ganancia $K = 15$ (Amarillo):**

Aunque la respuesta es rápida, se observan oscilaciones y sobreimpulsos en la trayectoria y en las velocidades.

- **Ganancia $K = 10$ (Rojo):**

Se logra una convergencia rápida del error con una respuesta estable y suave.

Conclusión: Para el punto (1,2), $K = 10$ es la mejor opción.

b) Punto (3, 7)

- **$K = 5$:** Respuesta lenta y error persistente.

- **$K = 15$:** Respuesta rápida pero con sobreimpulsos que generan oscilaciones en la velocidad angular.

- **$K = 10$:** Se obtiene una trayectoria suave y un error que converge rápidamente sin oscilaciones significativas.

Conclusión: $K = 10$ es óptima para el punto (3,7).

c) Punto (6, 0)

- **$K = 5$:** Baja velocidad y respuesta débil.

- **$K = 15$:** Respuesta excesivamente agresiva causando inestabilidad.

- **$K = 10$:** Ofrece el mejor balance, con convergencia veloz y mínima oscilación.

Conclusión: $K = 10$ se recomienda.

d) Punto (-4, 5)

- Se observó que:
 - $K = 5$ tarda en alcanzar el destino.
 - $K = 15$ muestra oscilaciones leves pero notables.
 - $K = 10$ presenta una respuesta balanceada, alcanzando la posición deseada sin sobreimpulsos.
- Conclusión: $K = 10$ es la opción más adecuada.

e) Punto (-6, 0)

- Los gráficos indican que la respuesta con $K = 10$ permite una convergencia eficaz, mientras que $K = 5$ es insuficiente y $K = 15$ propicia oscilaciones. Conclusión: Se recomienda $K = 10$.

f) Punto (-1, 0)

- La dinámica muestra que $K = 10$ ofrece una respuesta suave y rápida, evitando los problemas de lentitud con $K = 5$ y la excesiva agresividad de $K = 15$. Conclusión: $K = 10$ es la mejor sintonización.

g) Punto (-7, -7)

- $K = 15$ causa oscilaciones pronunciadas, mientras que $K = 5$ resulta demasiado lento.
- $K = 10$ logra un compromiso entre rapidez y estabilidad. Conclusión: $K = 10$ se comporta de manera óptima.

h) Punto (-2, -4)

- Los resultados confirman que la ganancia $K = 10$ permite una respuesta rápida y estable. Conclusión: $K = 10$ es la opción preferente.

i) Punto (-0.5, -0.5)

- En puntos cercanos a la posición inicial, $K = 10$ facilita el ajuste sin provocar oscilaciones, a diferencia de $K = 15$, y es más rápido que $K = 5$. Conclusión: $K = 10$ se recomienda.

j) Punto (1, -3)

- Se observa que $K = 10$ ofrece una convergencia rápida y estable, mientras que $K = 5$ es lento y $K = 15$ excesivamente agresivo. Conclusión: $K = 10$ es óptima.

k) Punto (3, -5)

- $K = 10$ logra una trayectoria precisa y un error que decae de forma adecuada. Conclusión: $K = 10$ es la mejor opción.

l) Punto (8, 0)

- La respuesta con $K = 15$ muestra problemas de inestabilidad; $K = 5$ no es lo suficientemente rápido.
- $K = 10$ ofrece el mejor comportamiento en términos de tiempo de respuesta y estabilidad. Conclusión: $K = 10$ se recomienda.

m) Punto (0, -3)

- Los gráficos evidencian que $K = 10$ genera una respuesta más eficiente que los otros valores. Conclusión: $K = 10$ es óptima.

n) Punto (0, 9)

- $K = 10$ permite alcanzar el punto deseado sin oscilar, mientras que $K = 15$ introduce oscilaciones y $K = 5$ resulta lento. Conclusión: $K = 10$ es el valor preferido.

ñ) Punto (0, -1)

- Con $K = 10$ se obtiene una rápida convergencia y mínima variabilidad, en contraste con los otros valores de ganancia. Conclusión: $K = 10$ se comporta de forma adecuada.

o) Punto (-5, -10)

- La simulación con $K = 10$ muestra la mejor respuesta en cuanto a convergencia del error y estabilidad. Conclusión: $K = 10$ es la mejor sintonización.

p) Punto (7, -7)

- $K = 10$ proporciona una trayectoria suave y rápida convergencia del error, a diferencia de los otros dos valores. Conclusión: Se recomienda $K = 10$.

q) Punto (3, -1)

- Los resultados indican que $K = 10$ ofrece un desempeño consistente y preciso. Conclusión: $K = 10$ es la elección óptima.

r) Punto (-10, -10)

- A pesar de ser un punto más extremo, $K = 10$ garantiza estabilidad y una convergencia eficaz del error, mientras que $K = 15$ genera inestabilidad. Conclusión: $K = 10$ es la mejor opción.

s) Punto (10, 9)

- En el caso final, $K = 10$ logra un compromiso perfecto entre rapidez y control del error. Conclusión: $K = 10$ es el valor óptimo.

4. Conclusión General

De acuerdo con el análisis comparativo realizado para cada uno de los 20 puntos deseados, se puede concluir que la ganancia $K = 10$ es la mejor sintonización para posicionar el robot. Este valor permite:

- Una respuesta suficientemente rápida sin sacrificar la estabilidad.
- Una convergencia del error que evita tanto la lentitud de $K = 5$ como el sobreimpulso y las oscilaciones observadas con $K = 15$.
- Trayectorias suaves y velocidades (lineal y angular) adecuadamente controladas.

Por ello, basándonos en los resultados experimentales, se recomienda utilizar una ganancia $K = 10$ en este sistema de control de posición.