

# **Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey**



## **Implementación de robótica inteligente (Gpo 501)**

### **Actividad 5.1 (Control de Posición)**

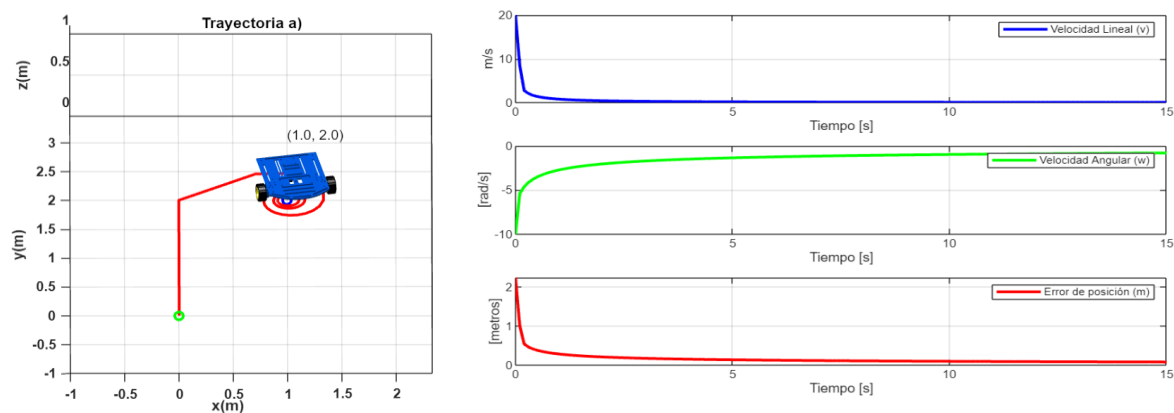
**Profesor:** Alfredo García Suárez

**Alumna:**

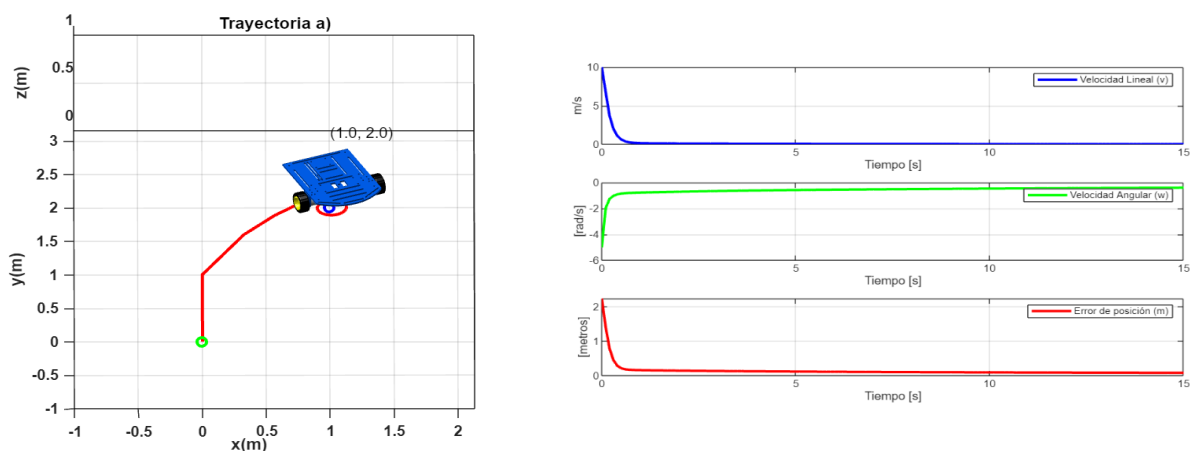
Ana Itzel Hernández García A01737526

Para evaluar el comportamiento de posición de un robot diferencial se realizan pruebas con diferentes destinos finales utilizando tres configuraciones de ganancias distintas: 10 la cual se prueba por defecto, 5 para obtener pruebas con un numero menor y 15 o 1 para continuar con la evaluación del comportamiento dependiendo de como se comporto con el anterior número. A continuación, se describen los resultados obtenidos de cada caso.

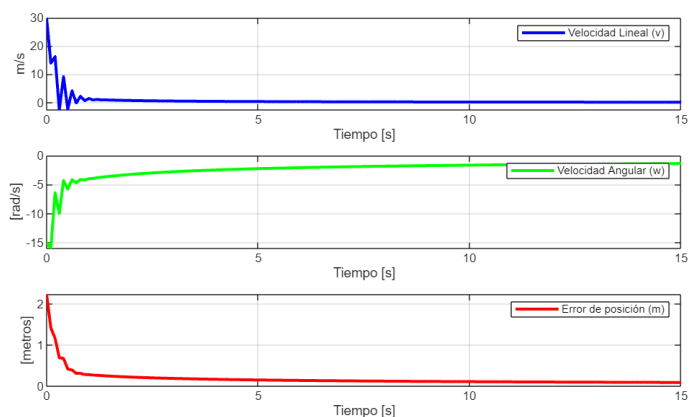
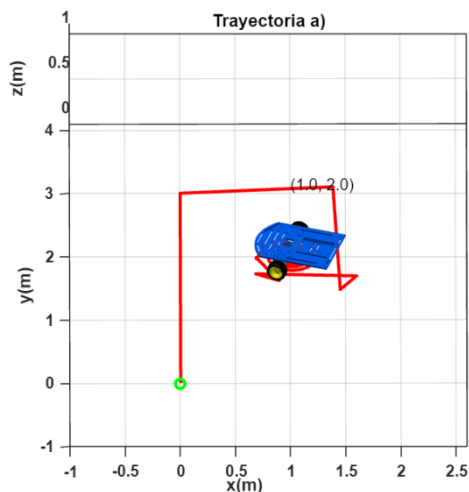
### Trayectoria a)



**Figura 1.** Gráficas de la trayectoria a) con una ganancia de 10



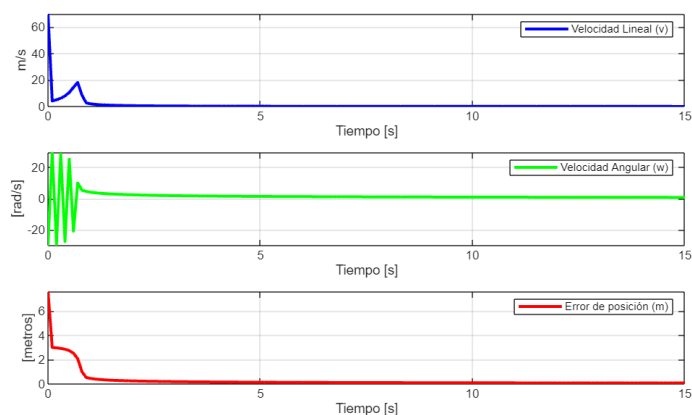
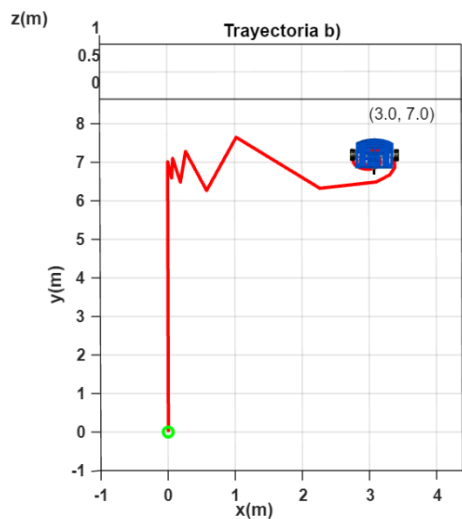
**Figura 2.** Gráficas de la trayectoria a) con una ganancia de 5



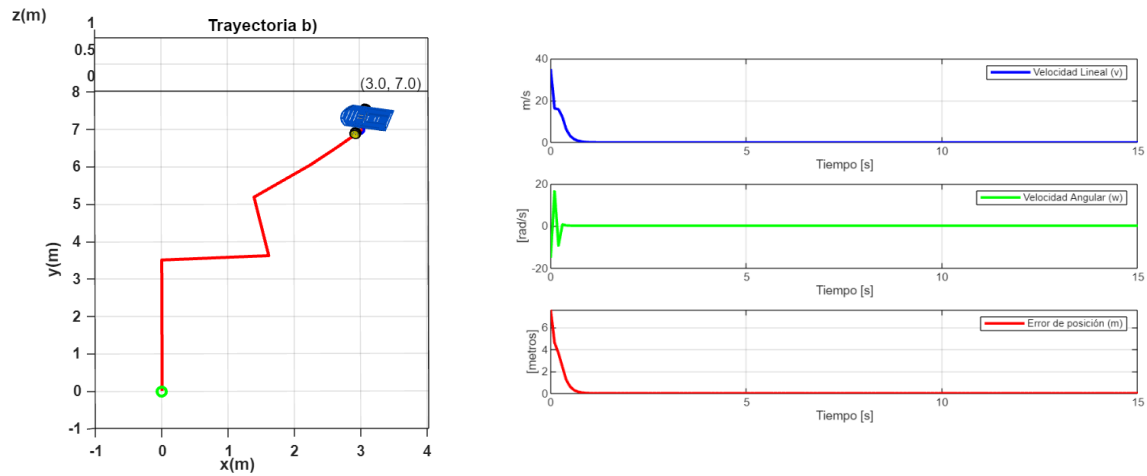
**Figura 3.** Gráficas de la trayectoria a) con una ganancia de 15

Como podemos observar en la Figura 1 se realizó una prueba con una ganancia de 10 contando con una trayectoria eficiente y estable logrando alcanzar la posición en un buen tiempo, el error fue disminuyendo sin presentar oscilaciones. En la Figura 2, se realizó una prueba con una ganancia de 5, donde observa una trayectoria sin sobre impulsos ni oscilaciones, en comparación con la anterior, se anula el error un poco ante, siendo la ganancia más efectiva. Y por último se encuentra en la Figura 3, con una ganancia de 15 se presentan oscilaciones notables, sobre todo en la velocidad angular, presentando sobre impulsos y movimientos abruptos siendo la ganancia menos favorable.

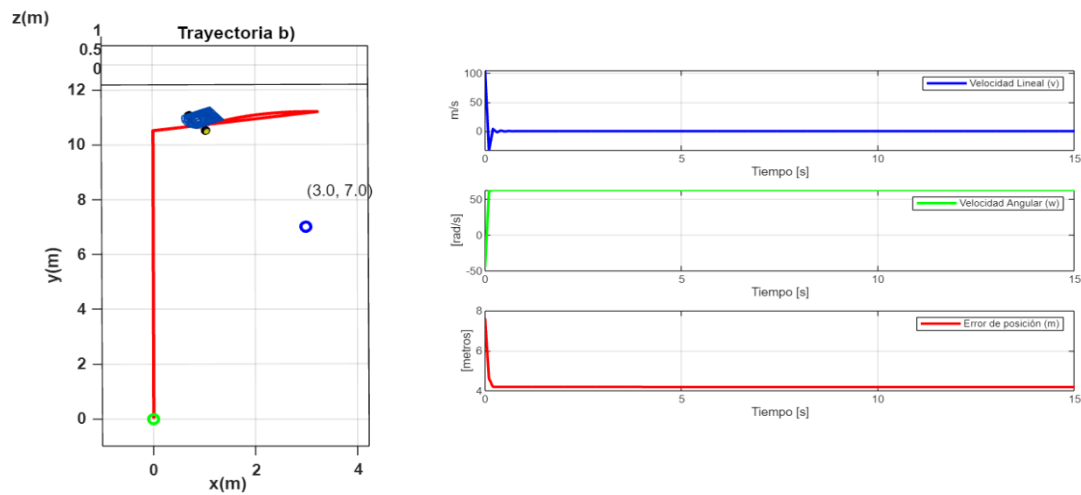
## Trayectoria b)



**Figura 4.** Gráficas de la trayectoria b) con una ganancia de 10



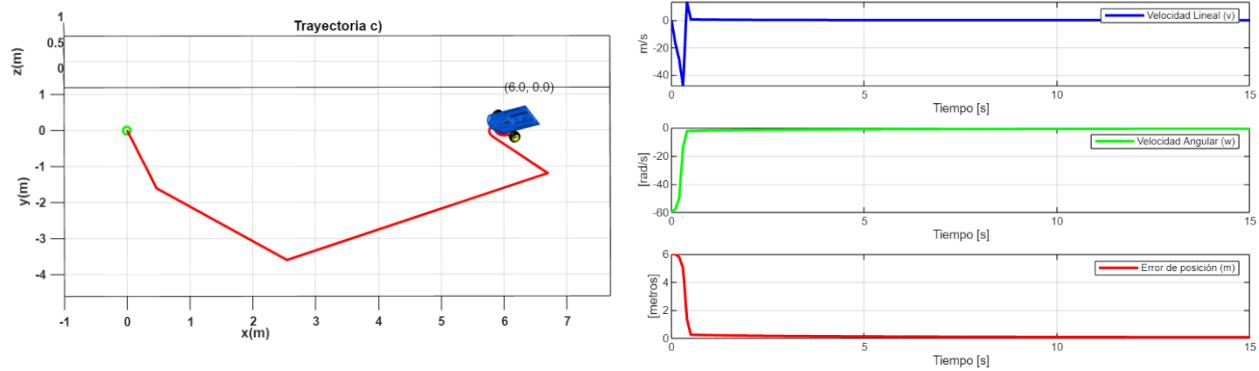
**Figura 5.** Gráficas de la trayectoria b) con una ganancia de 5



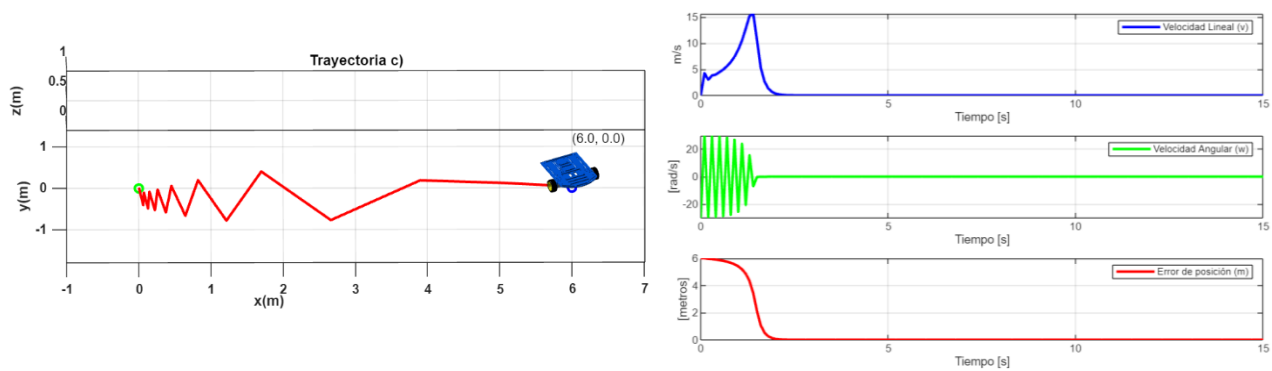
**Figura 6.** Gráficas de la trayectoria b) con una ganancia de 15

De acuerdo con la Figura 4, se logra alcanzar el punto deseado con una respuesta rápida, muestra sobreimpulsos iniciales y oscilaciones. Al reducir la ganancia a 5, como se muestra en la Figura 5, se muestra un comportamiento más estable y controlado reduciendo las oscilaciones significativamente. Por último, en la Figura 6, se presenta una respuesta muy inestable donde el robot si logra alcanzar el punto deseado.

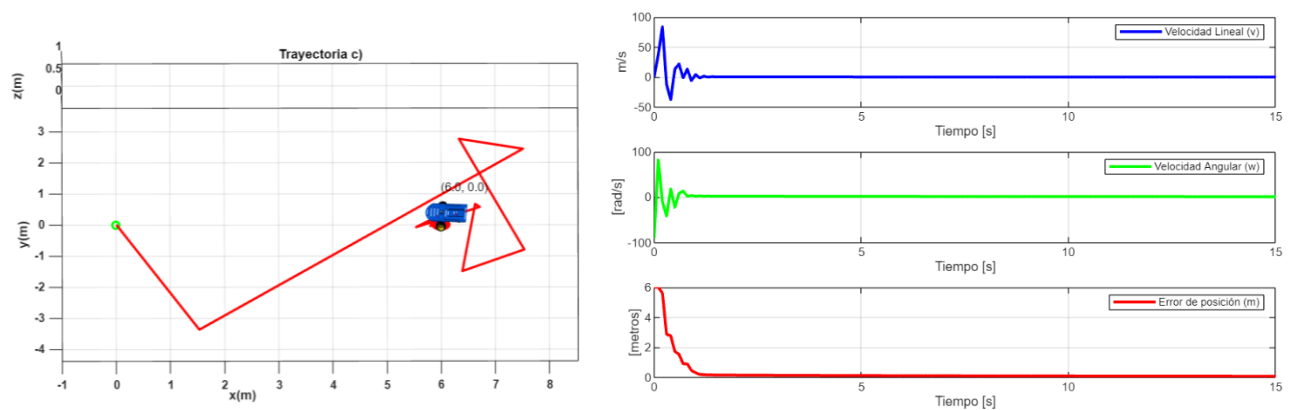
## Trayectoria c)



**Figura 7.** Gráficas de la trayectoria c con una ganancia de 10



**Figura 8.** Gráficas de la trayectoria c con una ganancia de 5

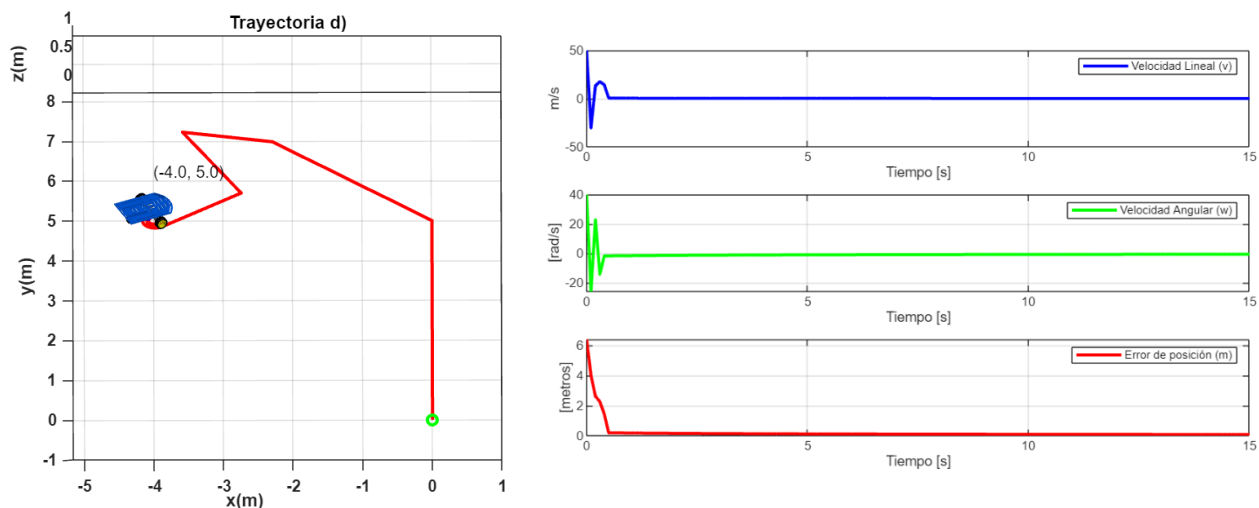


**Figura 9.** Gráficas de la trayectoria c con una ganancia de 15

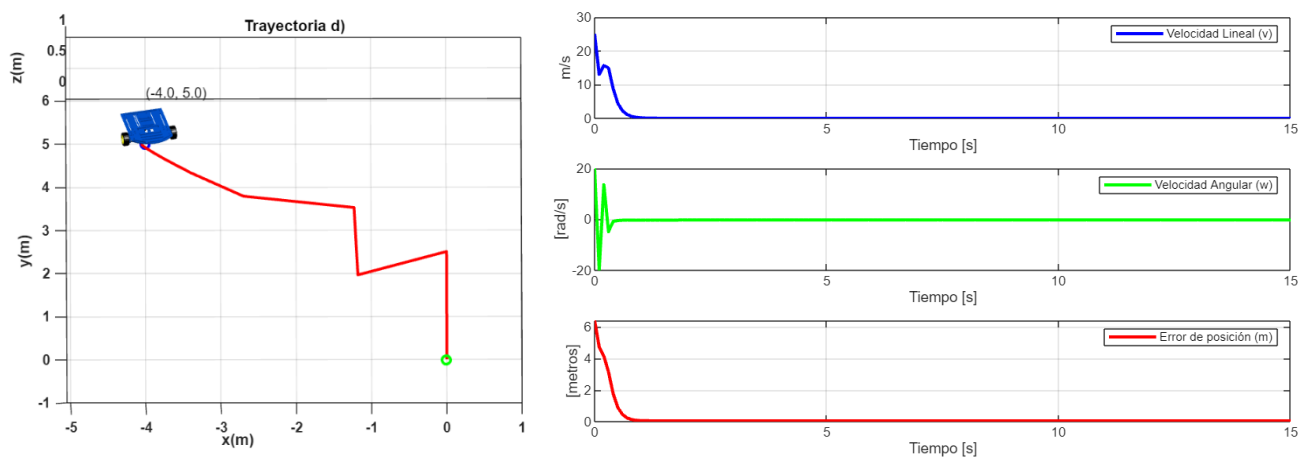
Analizando las gráficas en la Figura 7, la trayectoria con una ganancia de 10 se logra notar que tiene un comportamiento estable y controlado. En la Figura 8, se presentan las pruebas con una ganancia de 5 donde, a diferencia que, en casos anteriores, no presenta un mejor comportamiento contando con más oscilaciones. Por último, en la Figura 9, donde se

prueba la ganancia de 15, se nota con mínimas oscilaciones, pero evidenciando que la ganancia de 10 es la mejor en este caso.

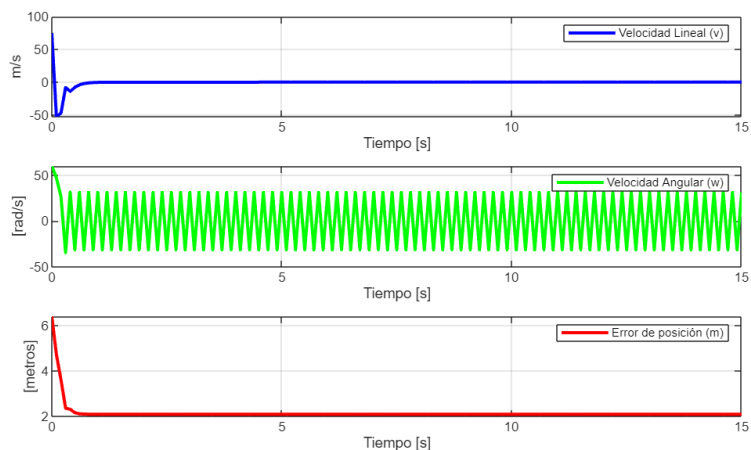
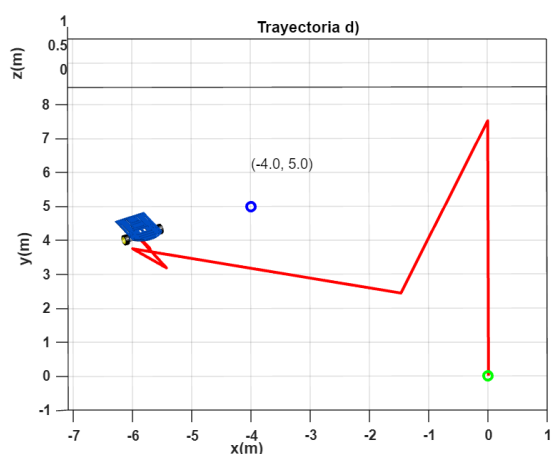
## Trayectoria d)



**Figura 10.** Gráficas de la trayectoria d) con una ganancia de 10



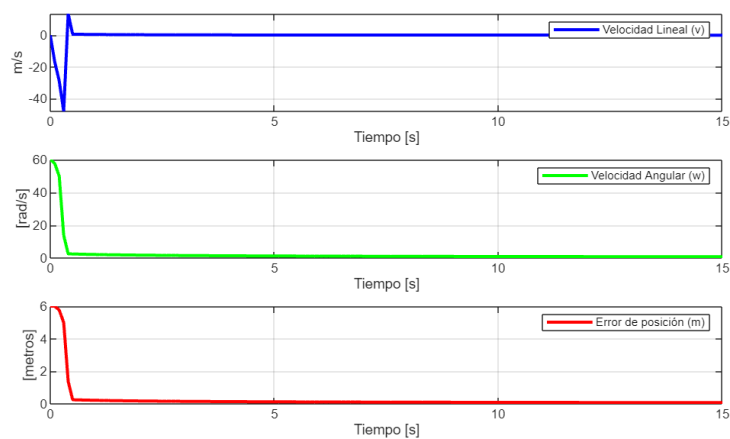
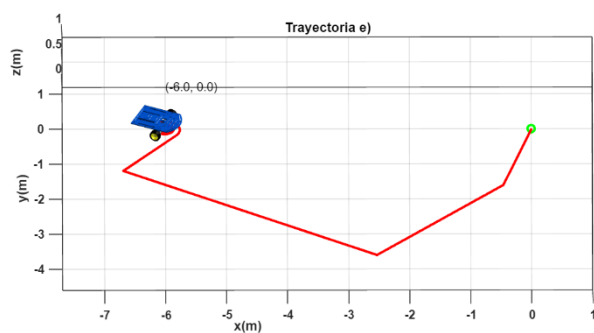
**Figura 11.** Gráficas de la trayectoria d) con una ganancia de 5



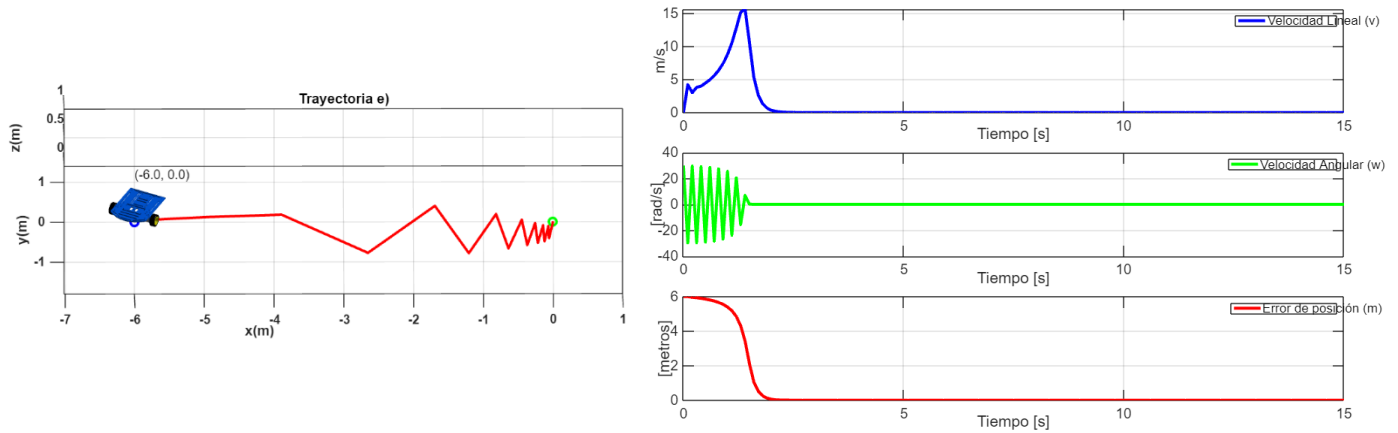
**Figura 12.** Gráficas de la trayectoria d) con una ganancia de 15

En este caso, si comparamos los resultados de las ganancias 10 y 5 en las Figuras 10 y 11, podemos observar que ambas son precisas estables con la ligera diferencia que la ganancia de 10 es más rápida y la de 5 es más estable. Por lo contrario, la ganancia de 15 mostrada en la Figura 12, presenta un comportamiento muy inestable, donde hay bastantes oscilaciones en velocidad angular teniendo un comportamiento vibratorio y no logra llegar al punto deseado.

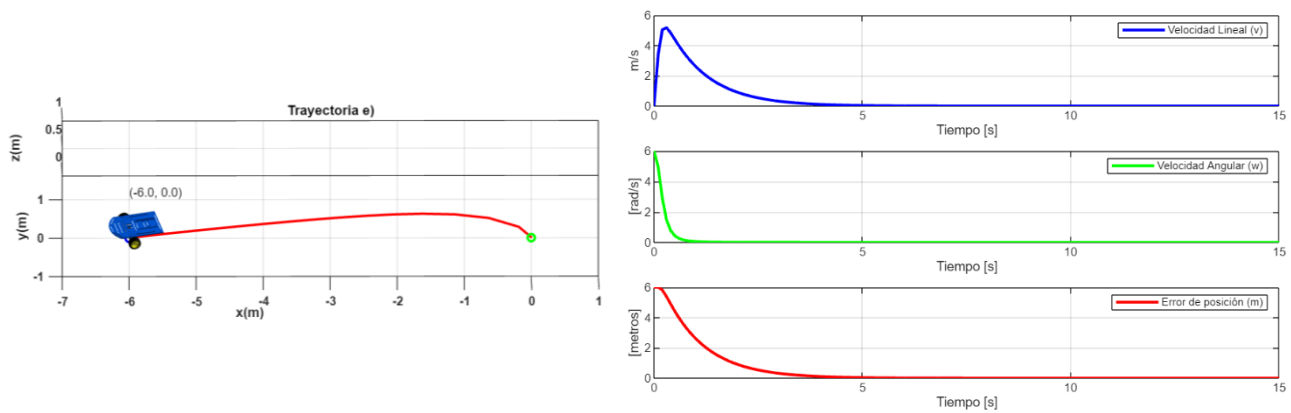
## Trayectoria e)



**Figura 13.** Gráficas de la trayectoria e) con una ganancia de 10



**Figura 14.** Gráficas de la trayectoria e) con una ganancia de 5



**Figura 15.** Gráficas de la trayectoria e) con una ganancia de 1

En la Figura 13, donde se muestran los resultados de una ganancia de 10, se nota un comportamiento estable y preciso, donde el error disminuye notoriamente. Al momento de probar con una ganancia de 5, como se muestra en la Figura 14, se nota que tiene un comportamiento menos estable debido a que presenta oscilaciones en la velocidad angular. Para este caso se probó con un número menor como última opción para observar su comportamiento, en la Figura 15 se muestra el comportamiento con una ganancia de 1, mostrando un comportamiento más controlado y con una respuesta más lenta que con ganancias más altas.



## Trayectoria f)

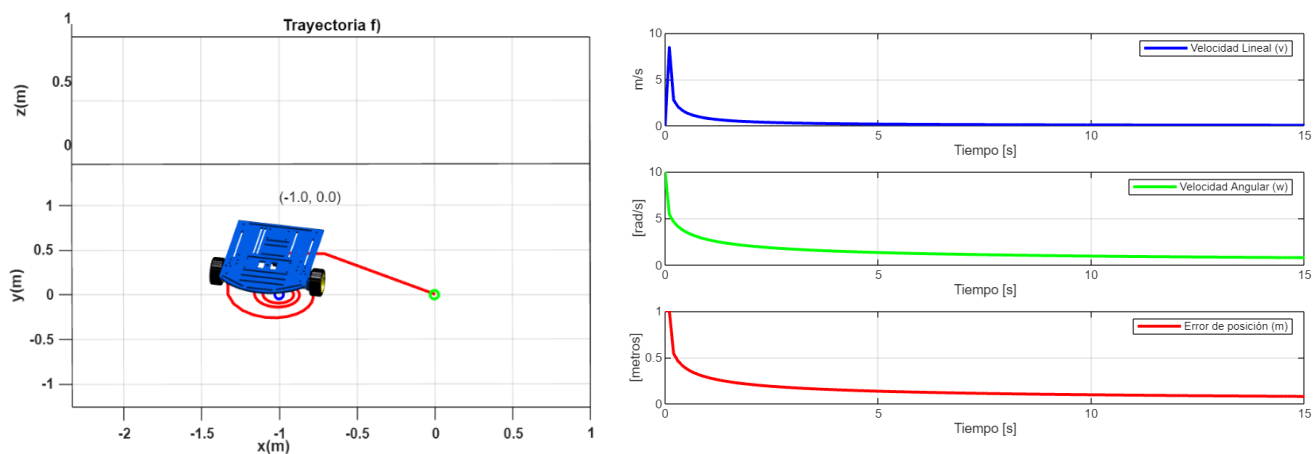


Figura 16. Gráficas de la trayectoria f) con una ganancia de 10

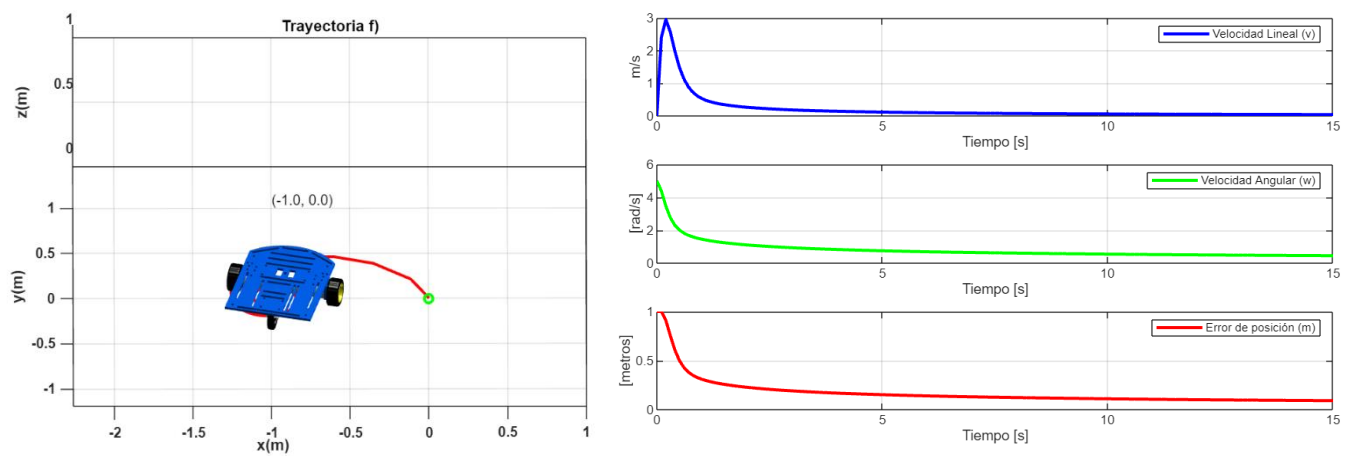


Figura 17. Gráficas de la trayectoria f) con una ganancia de 5

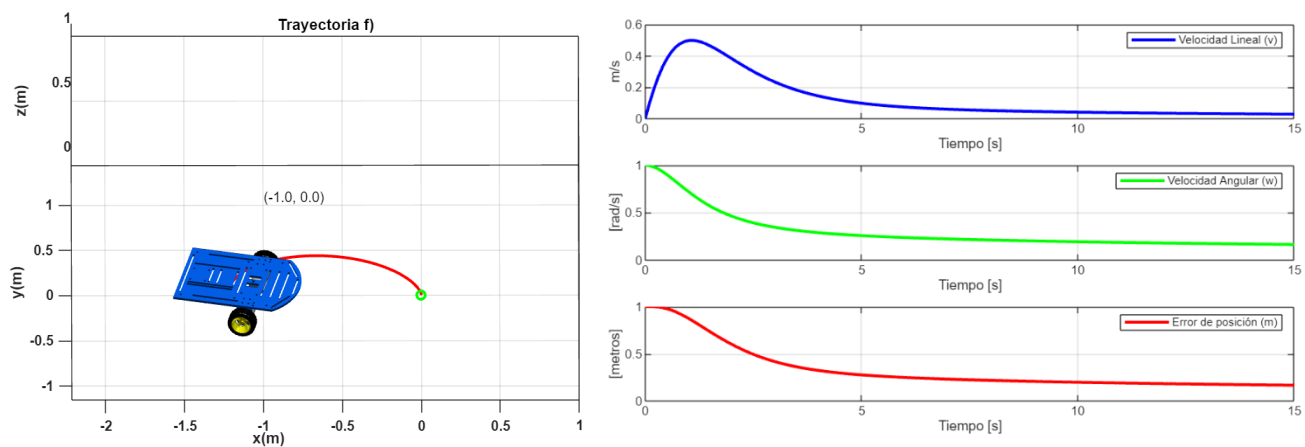


Figura 18. Gráficas de la trayectoria f) con una ganancia de 1

Con ganancia 1 como se muestra en la Figura 18, el robot llegó de forma lenta pero estable al punto. Al usar ganancia 5 mostrada en la Figura 17, la trayectoria fue más rápida y mantuvo estabilidad. Y con ganancia 10 en la Figura 16, el sistema respondió aún más veloz, aunque con pequeñas oscilaciones al final. En general, todas las ganancias permitieron alcanzar el objetivo, con un claro compromiso entre rapidez y estabilidad.

## Trayectoria g)

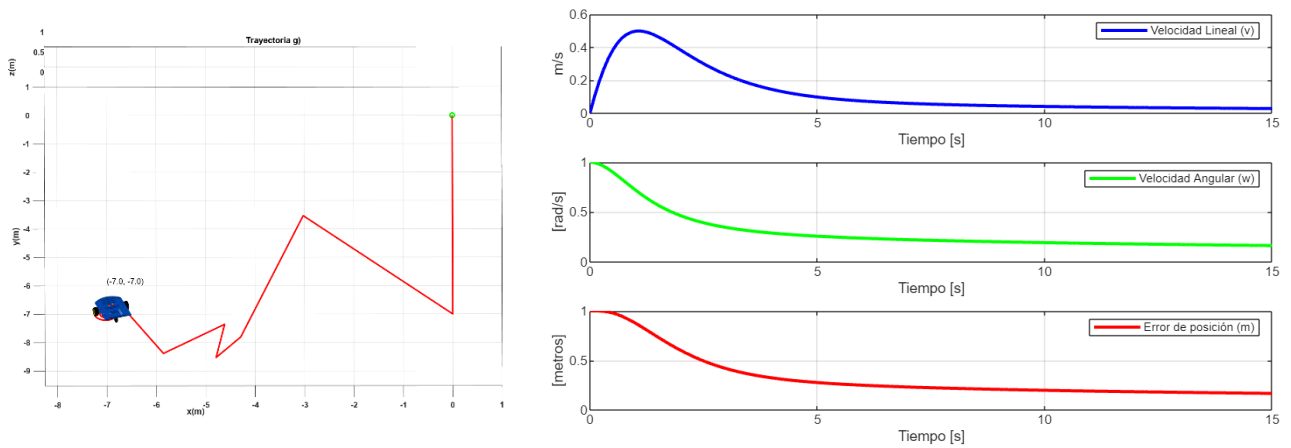


Figura 19. Gráficas de la trayectoria g) con una ganancia de 10

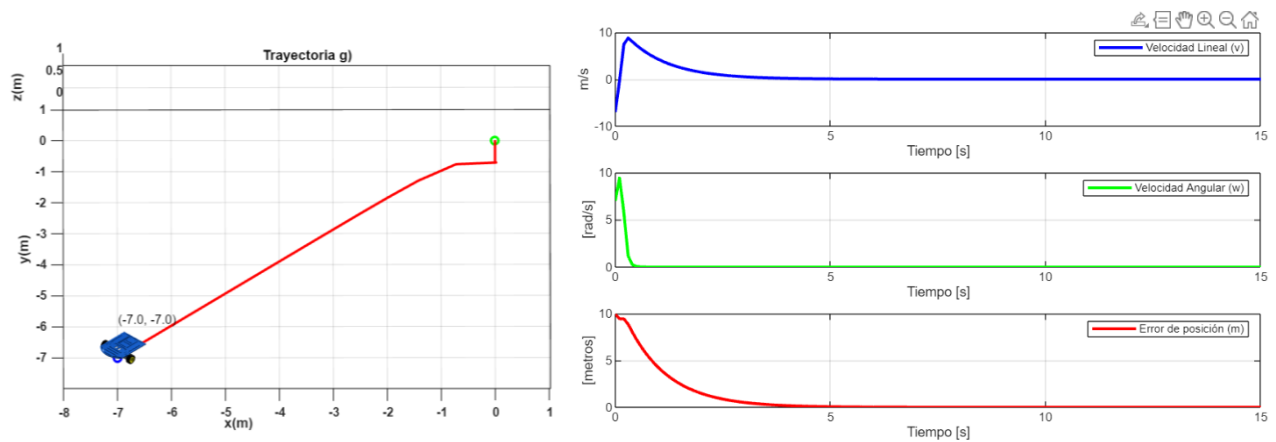
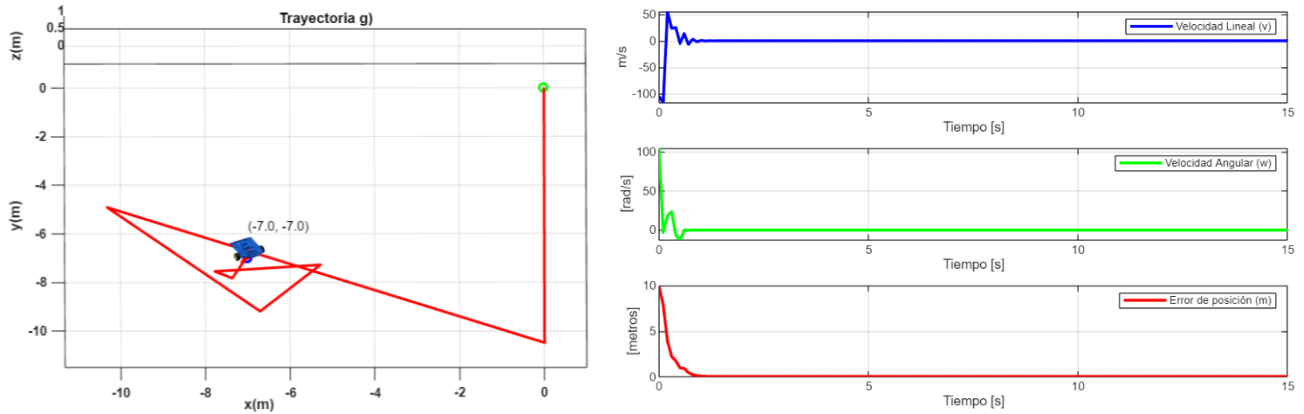


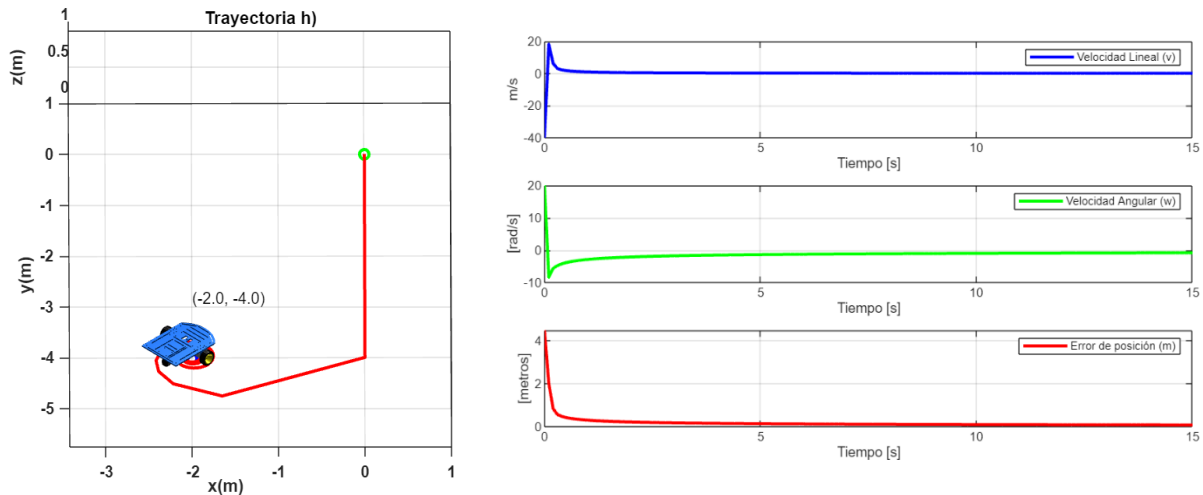
Figura 20. Gráficas de la trayectoria g) con una ganancia de 1



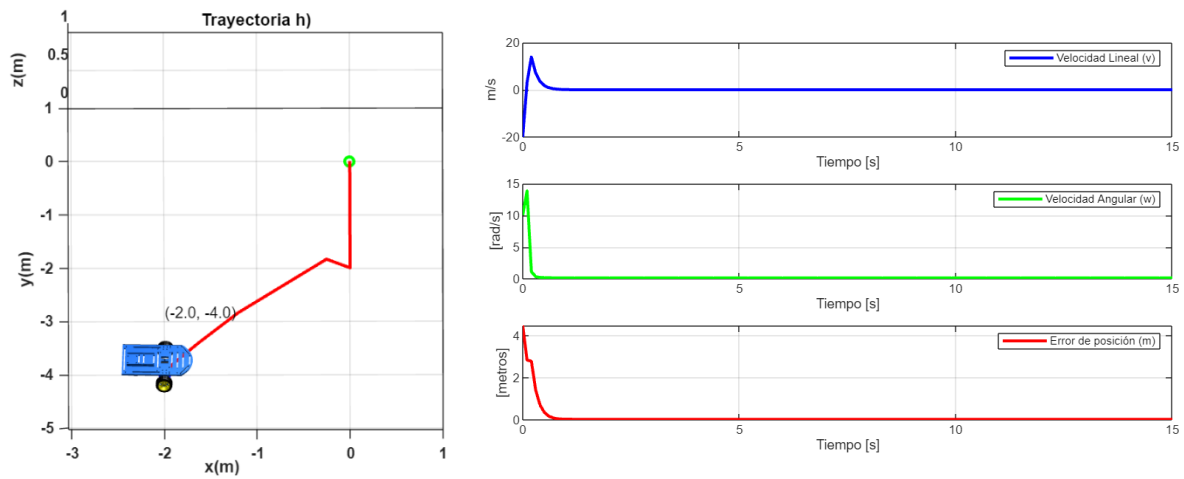
**Figura 21.** Gráficas de la trayectoria g) con una ganancia de 15

Para esta trayectoria, como indica la Figura 10, la ganancia 10 generó una trayectoria suave pero prolongada. En la Figura 20 con ganancia 1, el robot alcanzó el punto deseado con mejor tiempo y buena precisión. Al aplicar ganancia 15 como se muestra en la Figura 21, el movimiento fue más agresivo, con correcciones rápidas pero algunas oscilaciones. La mejor respuesta se obtuvo con ganancia 1, por su equilibrio entre velocidad y control.

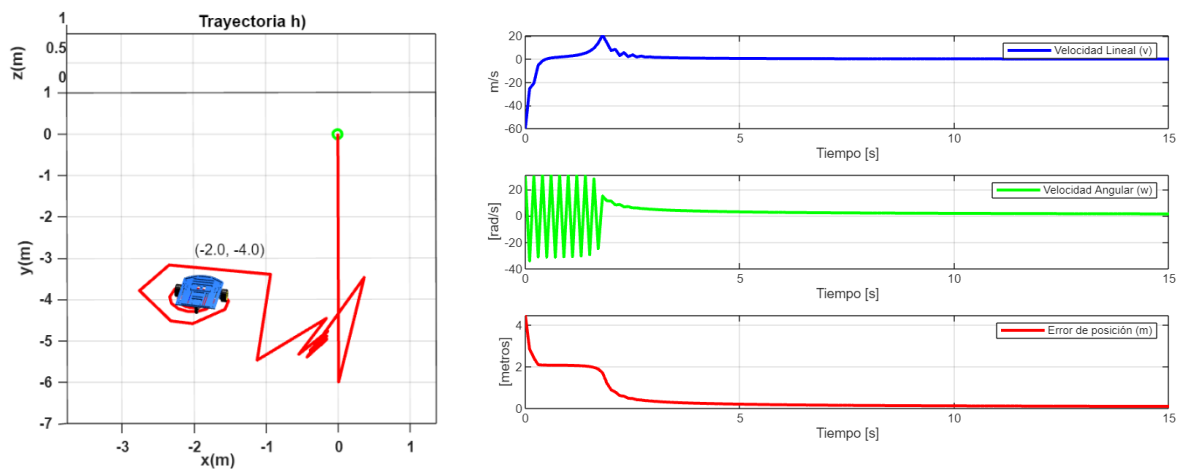
## Trayectoria h)



**Figura 22.** Gráficas de la trayectoria h) con una ganancia de 10



**Figura 23.** Gráficas de la trayectoria h) con una ganancia de 5



**Figura 24.** Gráficas de la trayectoria h) con una ganancia de 15

El robot alcanzó el objetivo con todas las ganancias, aunque con distintas características. En la Figura 22, la ganancia 10 fue precisa pero lenta. Con ganancia 5 de la Figura 23, mejoró el tiempo sin perder estabilidad. Y la ganancia 15 de la Figura 24 ofreció la llegada más rápida, pero con movimientos más bruscos. Las tres configuraciones fueron válidas, destacando la de 5 como la más balanceada.

## Trayectoria i)

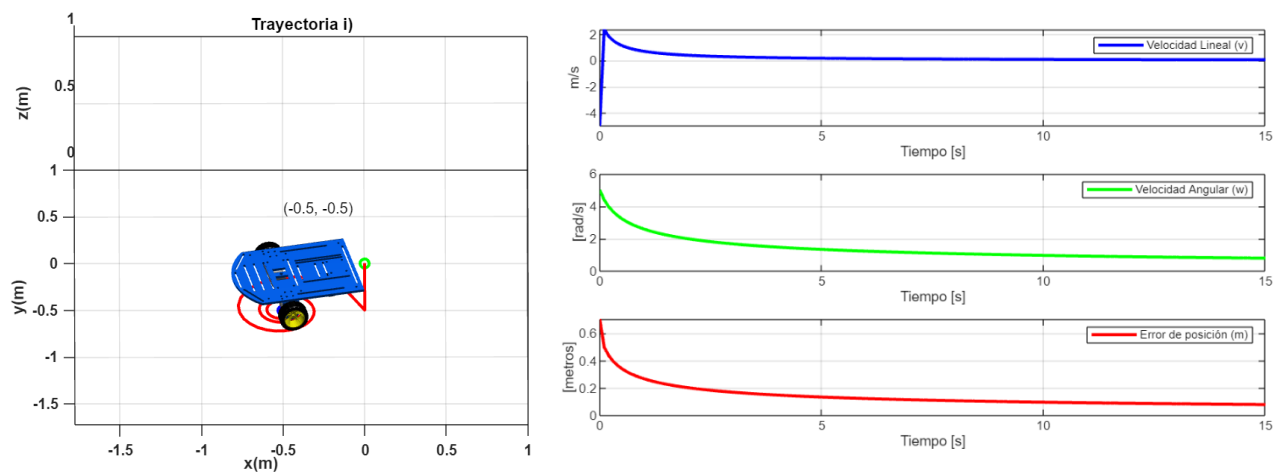


Figura 25. Gráficas de la trayectoria i) con una ganancia de 10

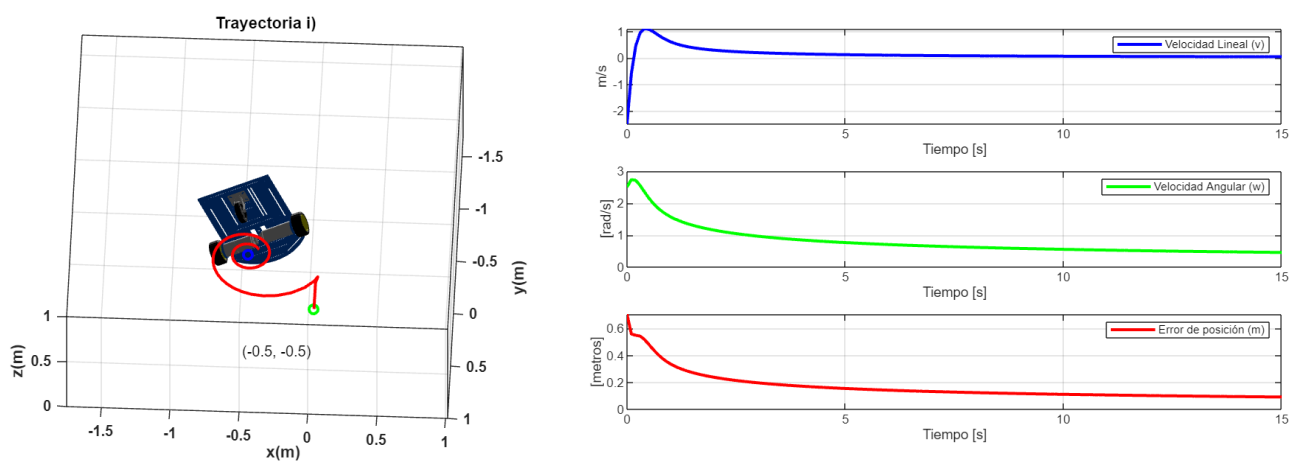


Figura 26. Gráficas de la trayectoria i) con una ganancia de 5

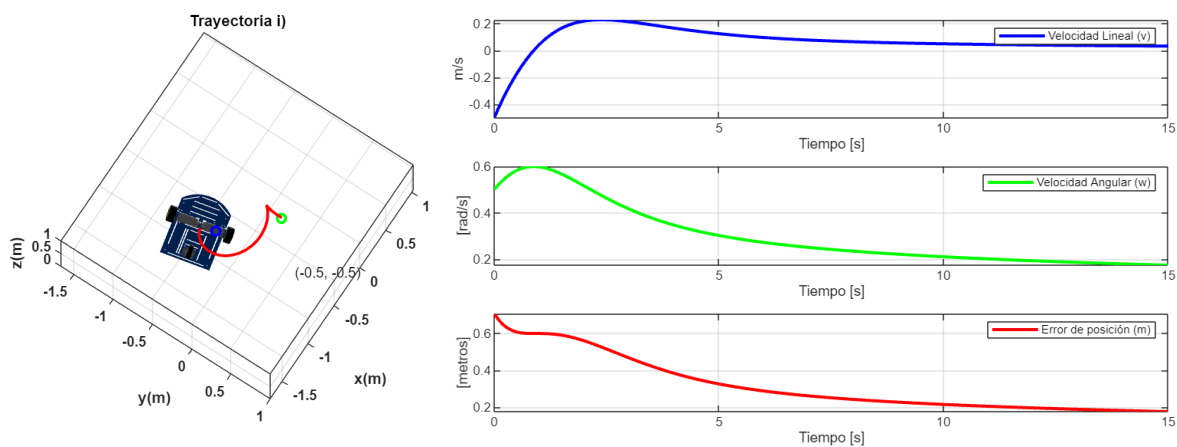


Figura 27. Gráficas de la trayectoria i) con una ganancia de 1

Tomando en cuenta la cercanía del punto, comparamos las tres ganancias que permitieron una llegada efectiva. La ganancia 1 mostrada en la Figura 27, ofreció un movimiento controlado, la de 5 en la Figura 26 lo hizo de manera eficiente y la de 10 en la Figura 25 fue la más rápida, aunque innecesariamente agresiva. Para este tipo de trayectorias cortas, una ganancia baja o media es suficiente.

## Trayectoria j)

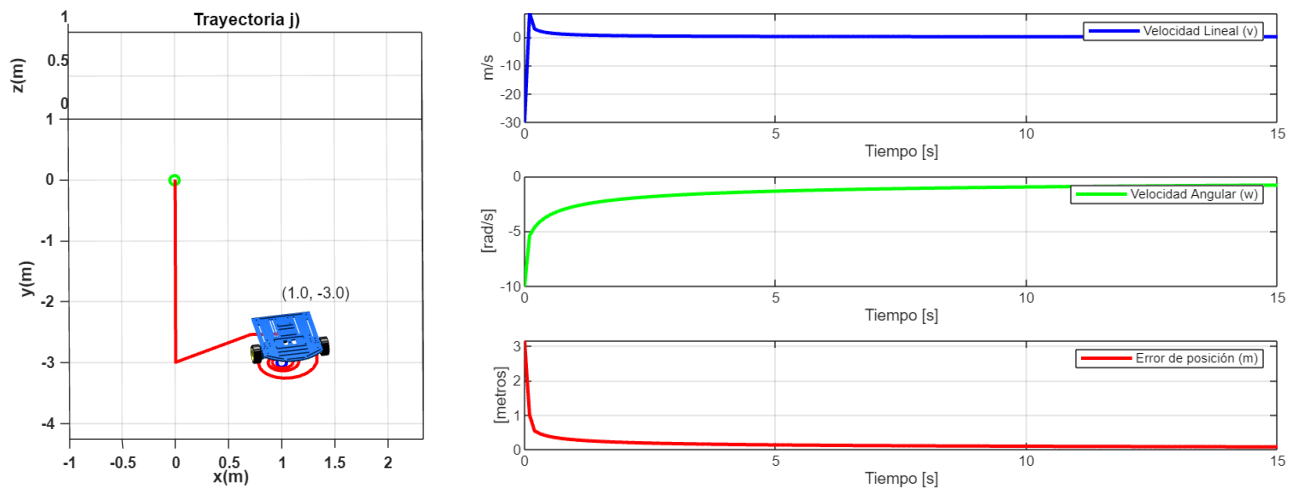


Figura 28. Gráficas de la trayectoria j) con una ganancia de 10

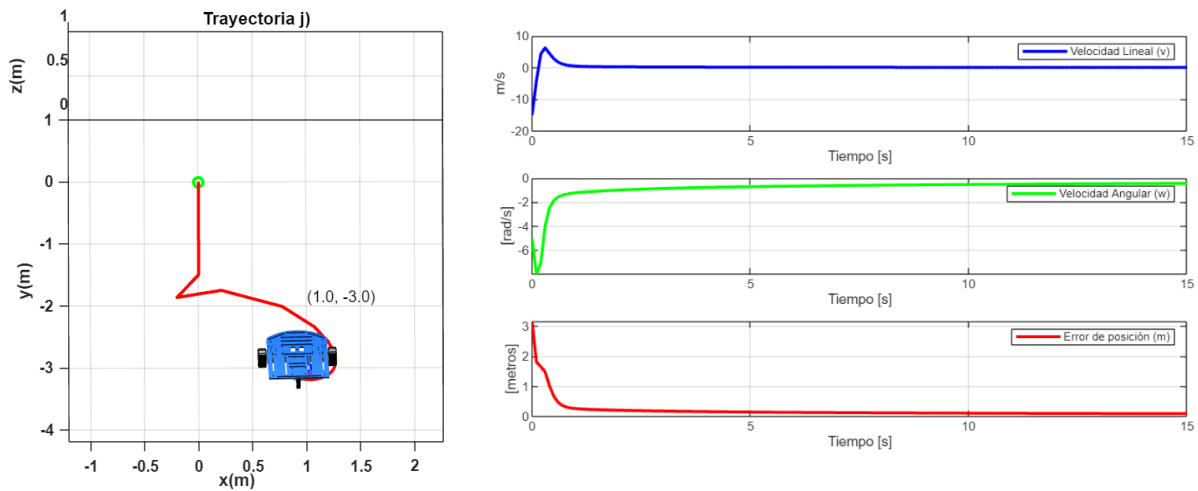
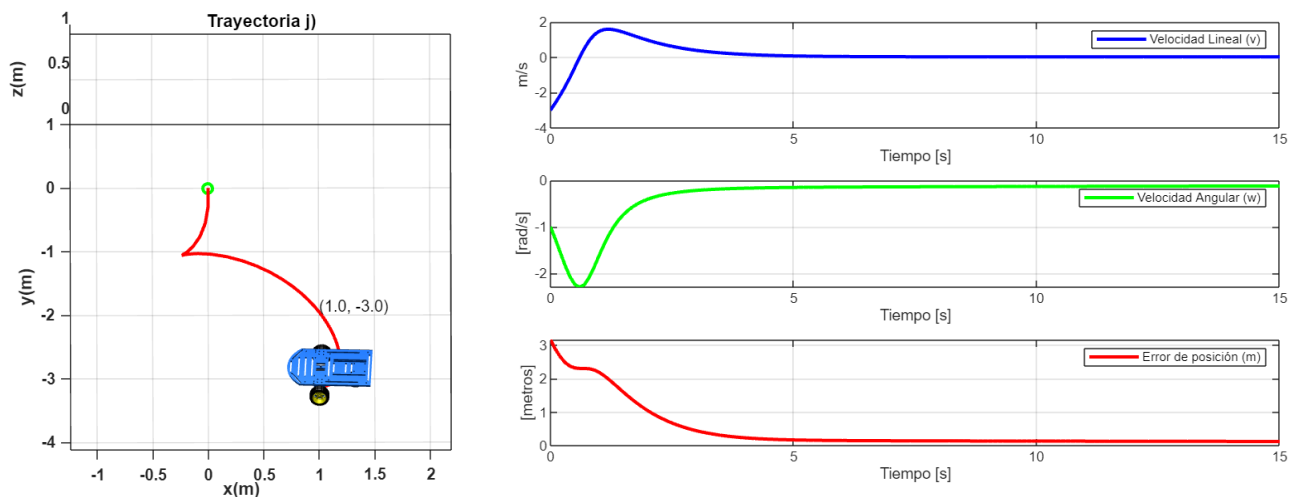


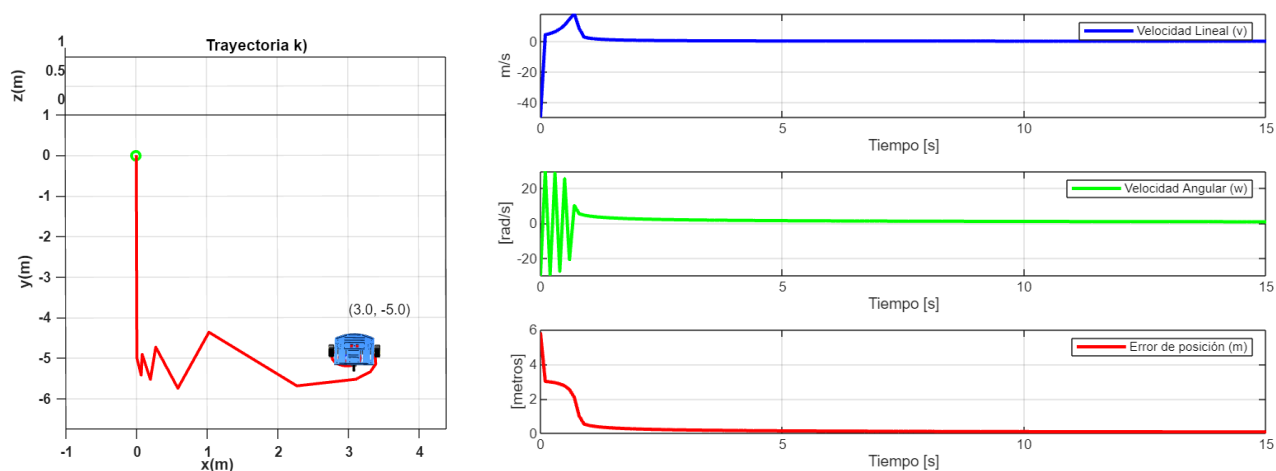
Figura 29. Gráficas de la trayectoria j) con una ganancia de 5



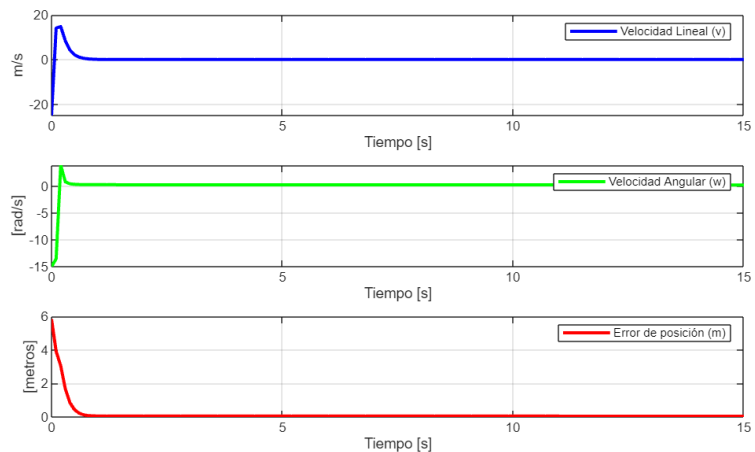
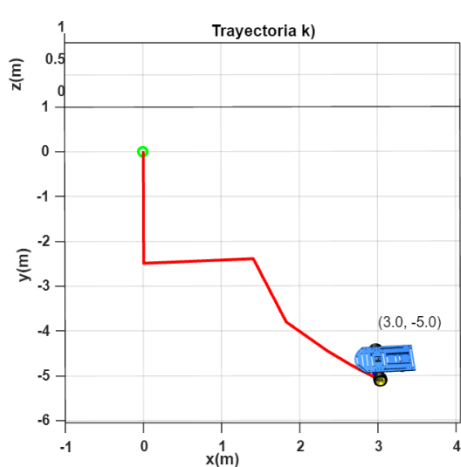
**Figura 30.** Gráficas de la trayectoria j) con una ganancia de 1

Continuamos comparando las tres ganancias de esta trayectoria, con ganancia 1 en la Figura 30, el robot tardó más, pero llegó con buena precisión. La ganancia 5 de la Figura 29, ofreció una respuesta más ágil sin perder estabilidad. En cambio, con ganancia 10 en la Figura 28, aunque el error bajó más rápido, se observaron oscilaciones leves. Se recomienda la ganancia 5 por su buen equilibrio.

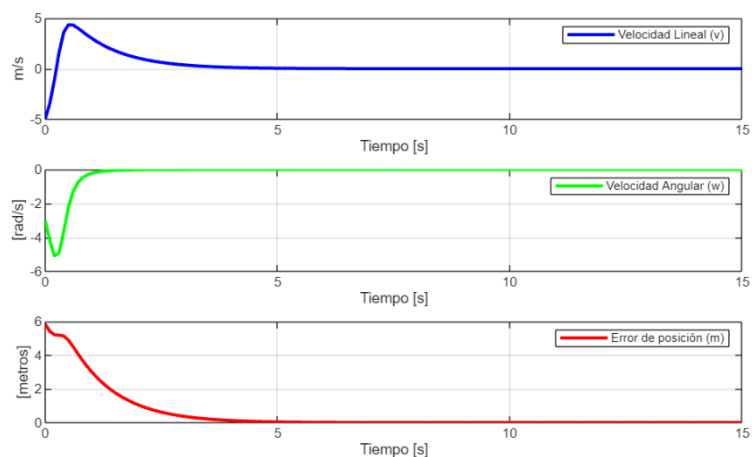
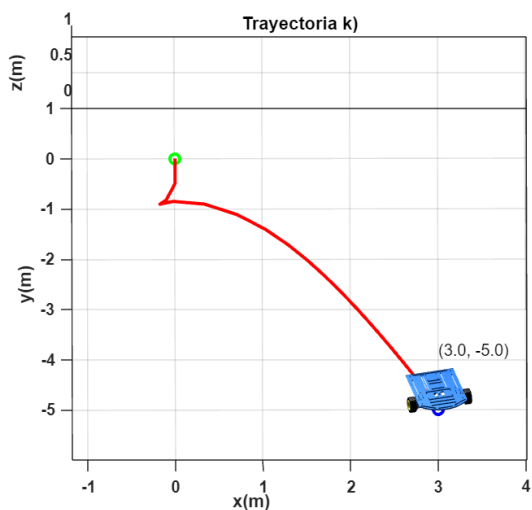
### Trajectory k)



**Figura 31.** Gráficas de la trayectoria k) con una ganancia de 10



**Figura 32.** Gráficas de la trayectoria k) con una ganancia de 5

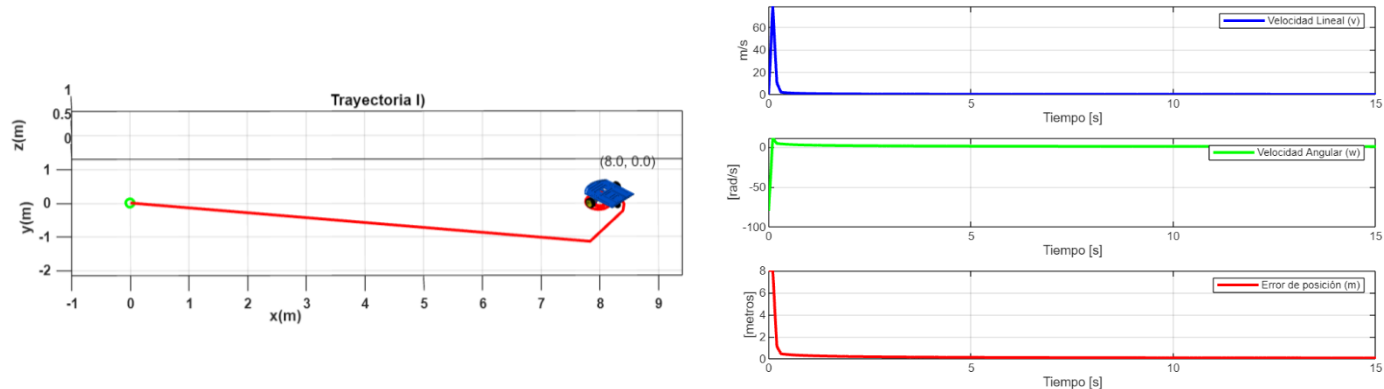


**Figura 33.** Gráficas de la trayectoria k) con una ganancia de 1

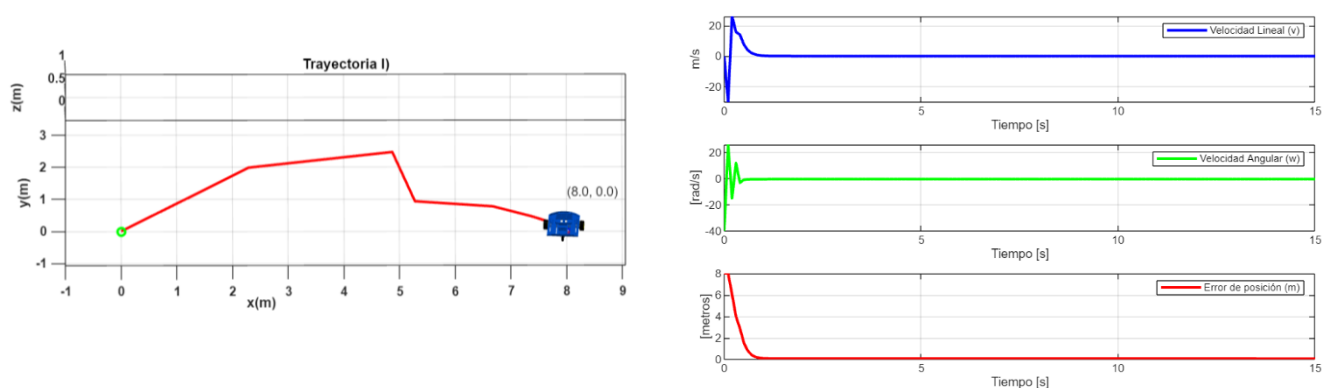
Como los resultados muestran, la ganancia 1 en la Figura 33 fue suficiente para llegar con estabilidad, aunque lentamente. Con ganancia 5 de la Figura 32, el robot mejoró su velocidad y mantuvo buen control. Al usar ganancia 10 de la Figura 31, se logró una respuesta muy rápida, pero con pequeñas desviaciones antes de estabilizarse. La mejor opción fue la ganancia media.



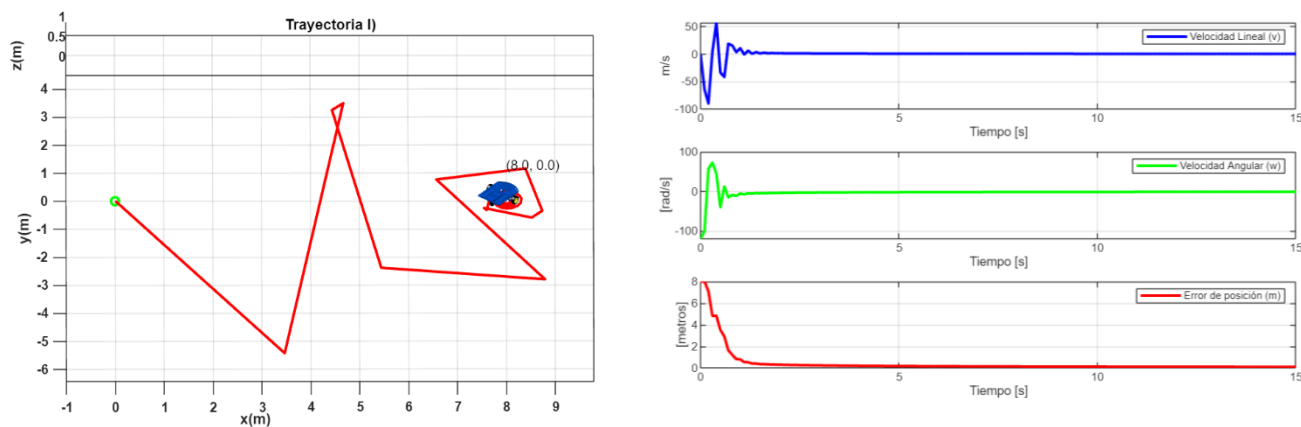
## Trayectoria I)



**Figura 34.** Gráficas de la trayectoria I) con una ganancia de 10



**Figura 35.** Gráficas de la trayectoria I) con una ganancia de 5



**Figura 36.** Gráficas de la trayectoria I) con una ganancia de 15

En esta trayectoria larga, se observa que en la ganancia 10 de la Figura 34, resultó muy estable. Con ganancia 5 de la Figura 35, el tiempo mejoró apareciendo ligeras oscilaciones. Al aplicar ganancia 10 de la Figura 36, la respuesta fue muy rápida, pero aparecieron más oscilaciones hacia el final. La ganancia 10 resultó ideal para mantener un desplazamiento eficiente y estable.

## Trayectoria m

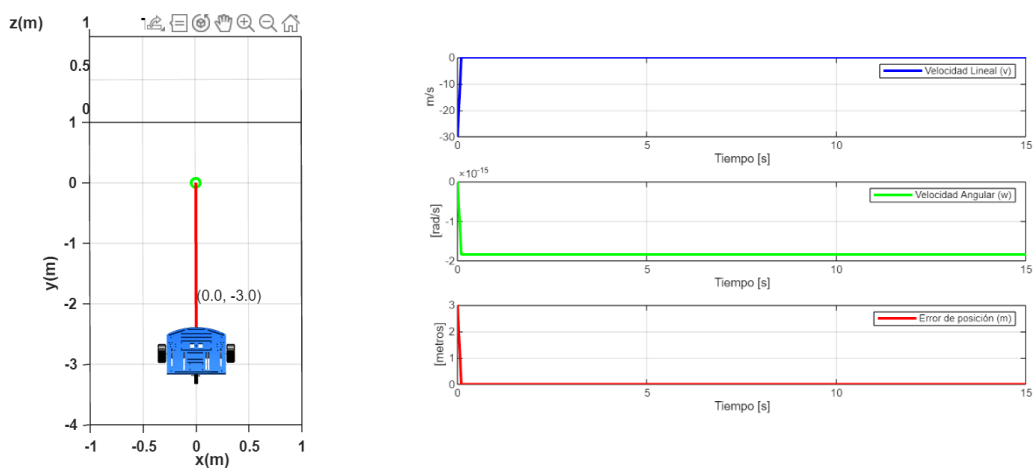


Figura 37. Gráficas de la trayectoria m) con una ganancia de 10

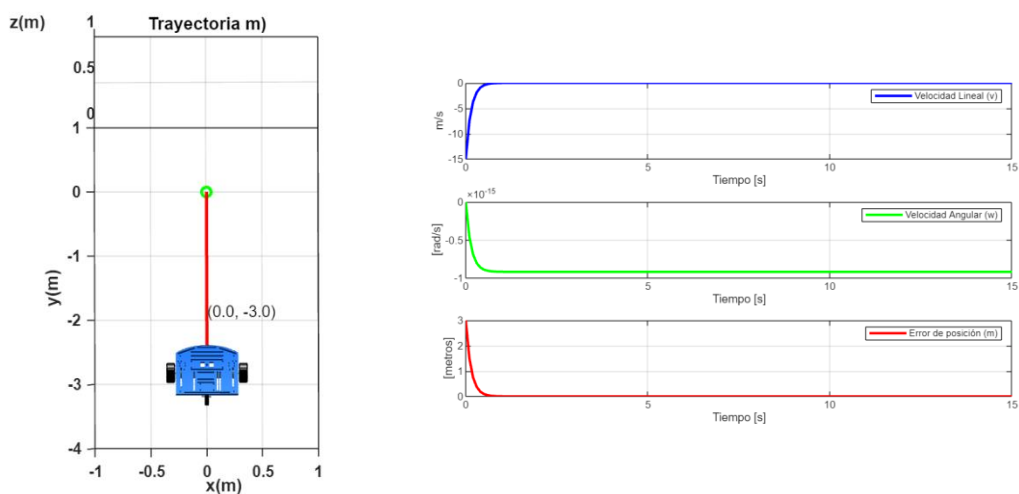


Figura 38. Gráficas de la trayectoria m) con una ganancia de 5

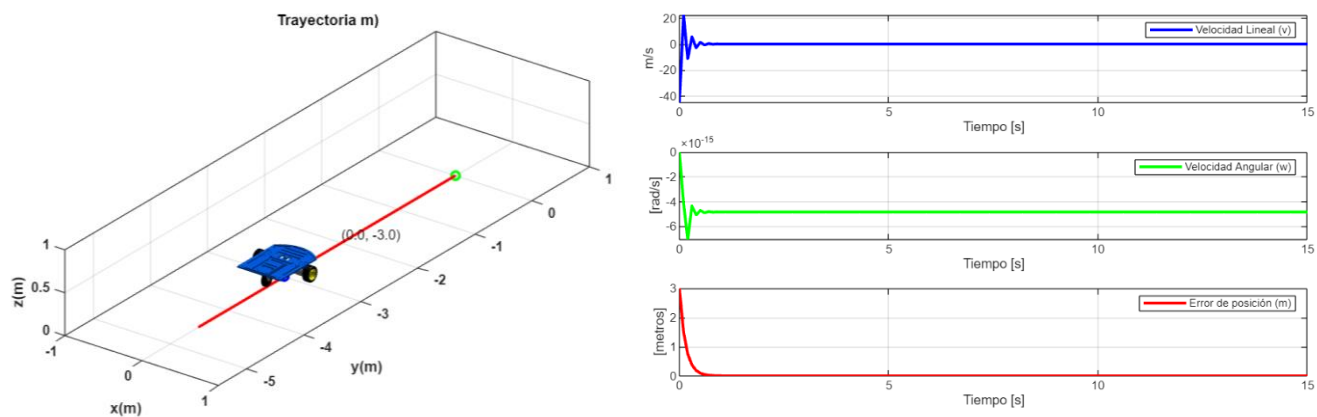


Figura 39. Gráficas de la trayectoria m) con una ganancia de 15

La corta distancia facilita buenos resultados con cualquier ganancia. Con 10 de la Figura 37, el movimiento es lento pero seguro. Con 5 de la Figura 38, el robot se desplazó con buen tiempo y control. Y con 15 de la Figura 39, alcanzó el destino rápidamente, aunque con una corrección angular más agresiva. Todas fueron válidas, pero la de 5 fue la más eficiente.

## Trayectoria n)

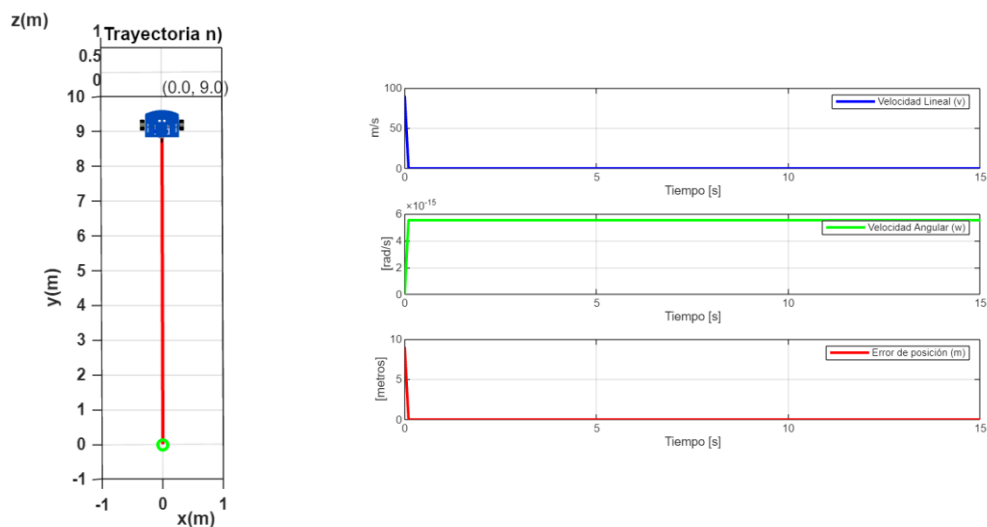


Figura 40. Gráficas de la trayectoria n) con una ganancia de 10

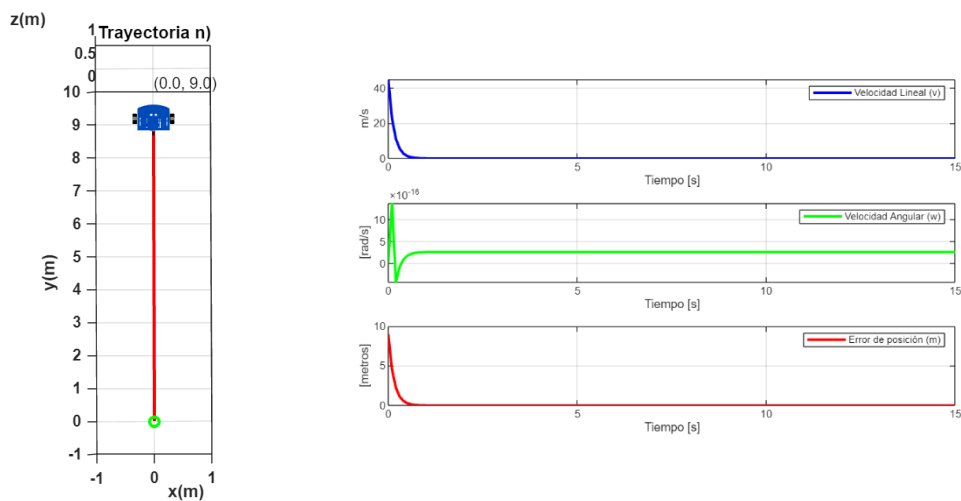
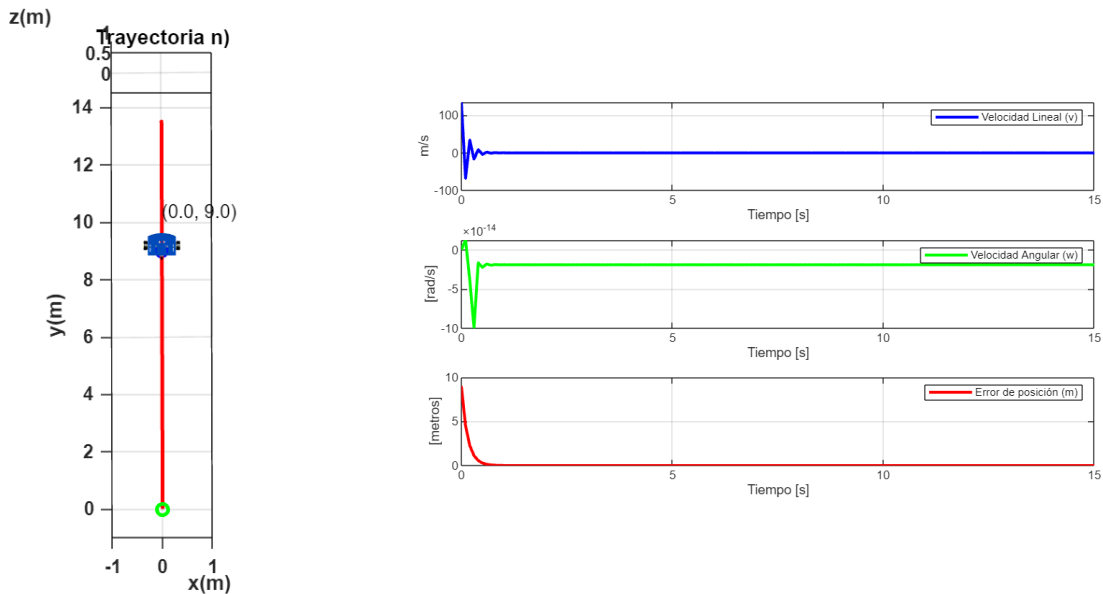


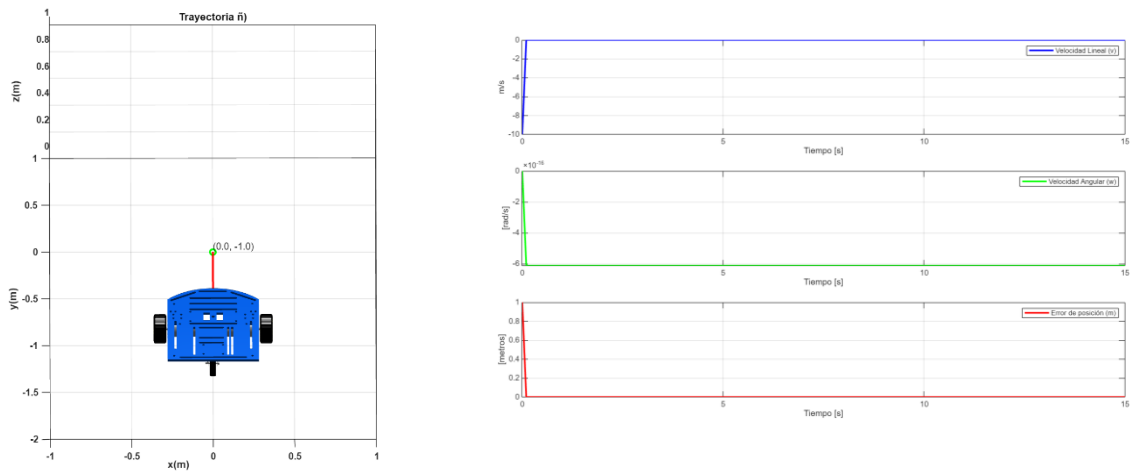
Figura 41. Gráficas de la trayectoria n) con una ganancia de 5



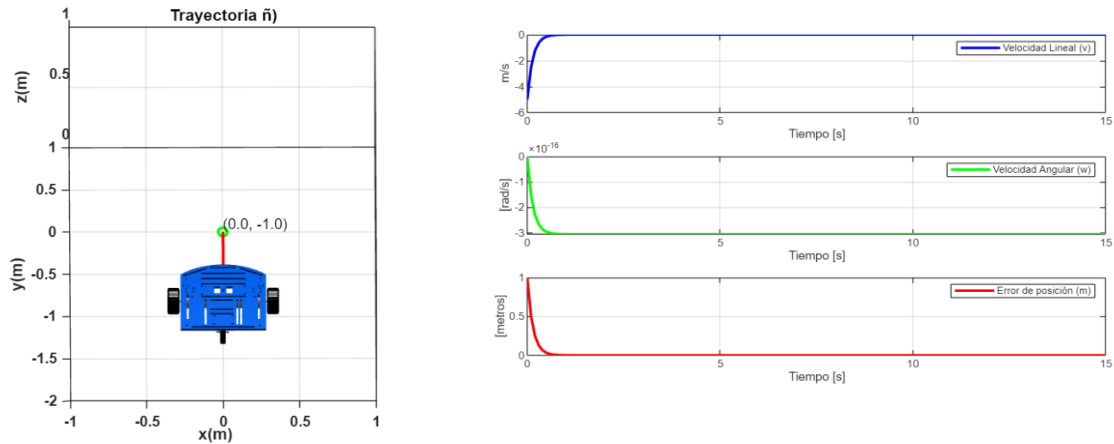
**Figura 42.** Gráficas de la trayectoria n) con una ganancia de 15

Con ganancia 10 en la Figura 40, el desplazamiento vertical fue estable pero prolongado. Con ganancia 5 de la Figura 41, la velocidad aumentó y el error se redujo más rápido. Y con ganancia 15, el robot llegó rápido, pero con movimientos más pronunciados. La ganancia media ofreció la mejor combinación entre velocidad y suavidad.

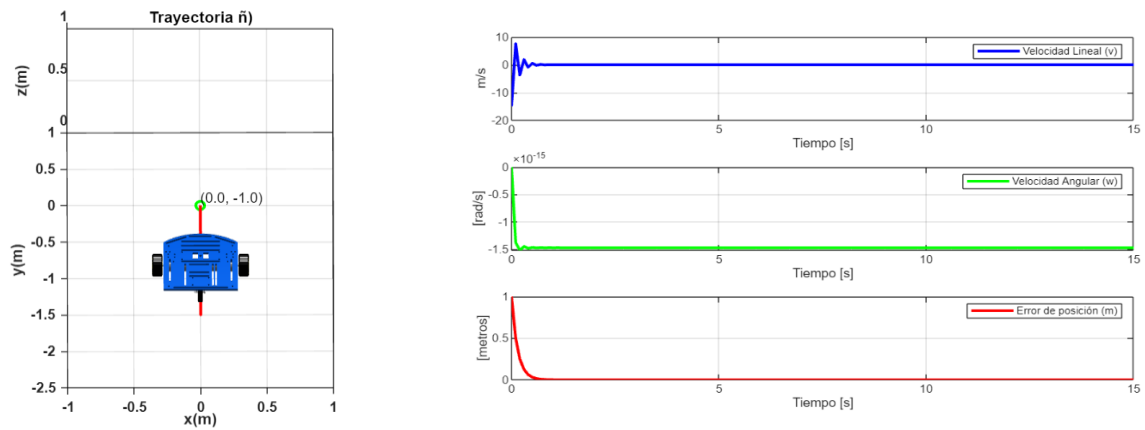
### Trayectoria ñ)



**Figura 43.** Gráficas de la trayectoria ñ) con una ganancia de 10



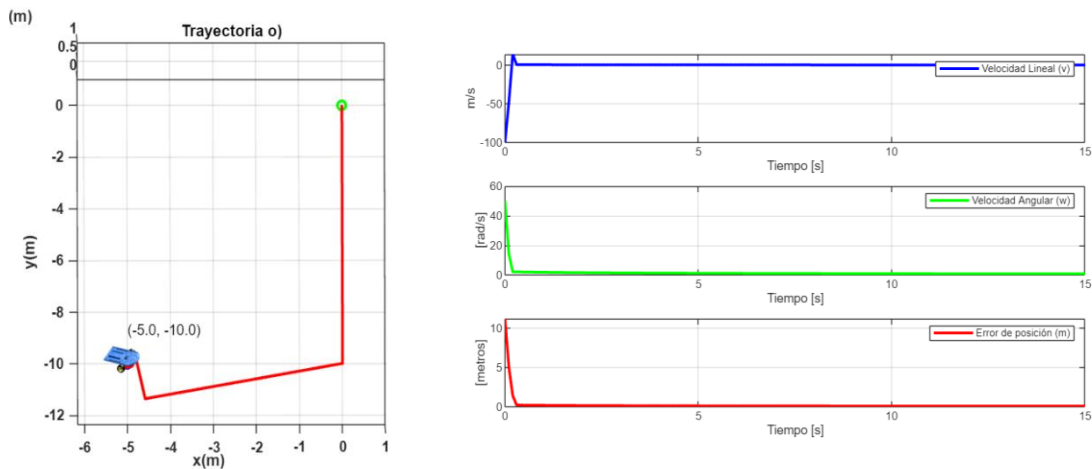
**Figura 44.** Gráficas de la trayectoria ñ) con una ganancia de 5



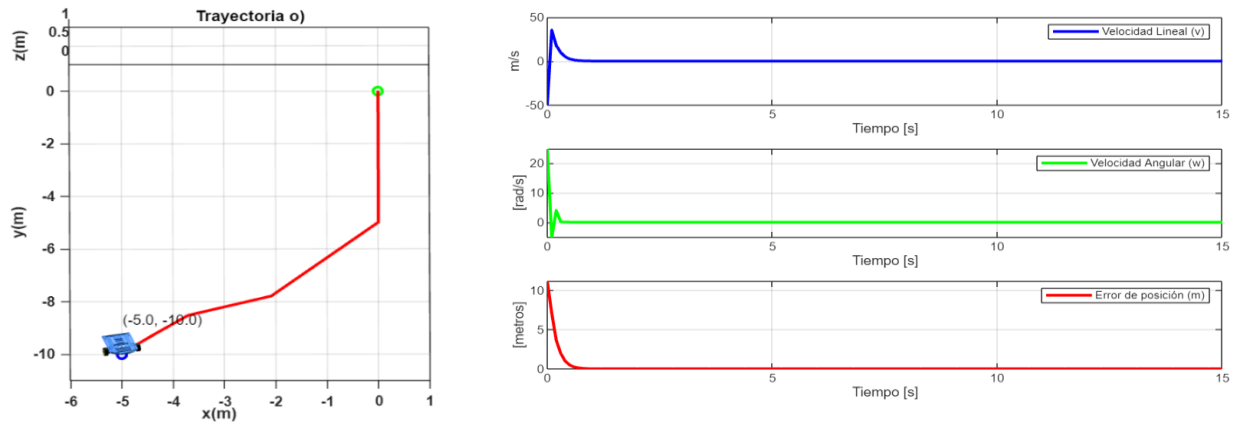
**Figura 45.** Gráficas de la trayectoria ñ) con una ganancia de 15

La trayectoria fue corta, por lo que los tres casos fueron eficientes. Con ganancia 10 de la Figura 43, el robot se movió lento y sin errores. Con 5 en la Figura 44, mejoró el tiempo de llegada y con 15 en la Figura 45, llegó en muy pocos segundos, aunque con una corrección rápida del ángulo. Todas funcionaron bien, destacando la ganancia 5 como óptima.

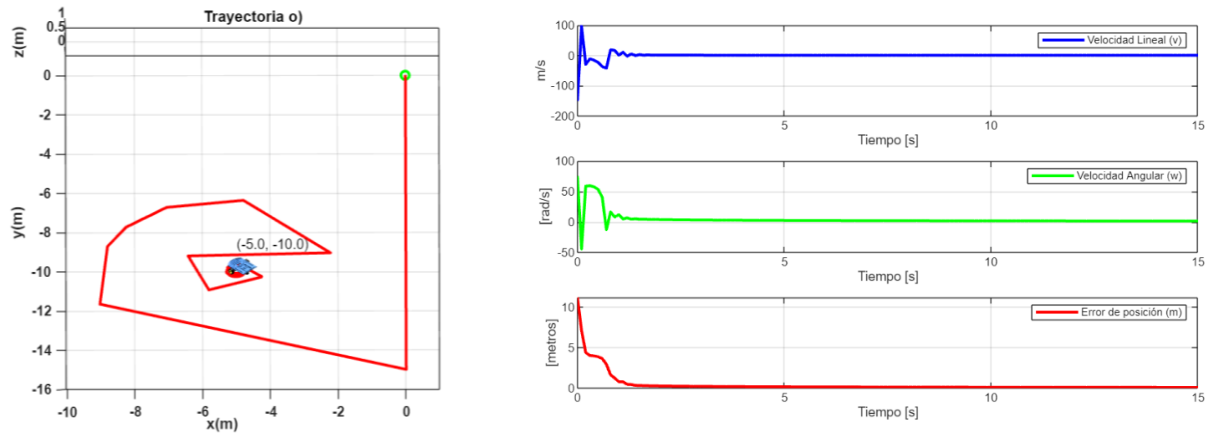
## Trayectoria de o)



**Figura 46.** Gráficas de la trayectoria o) con una ganancia de 10



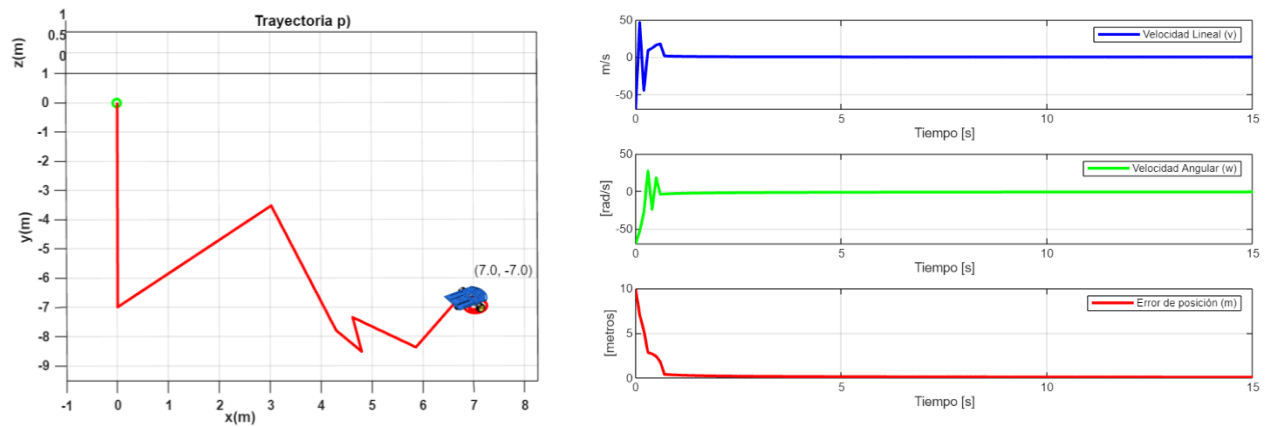
**Figura 47.** Gráficas de la trayectoria o) con una ganancia de 5



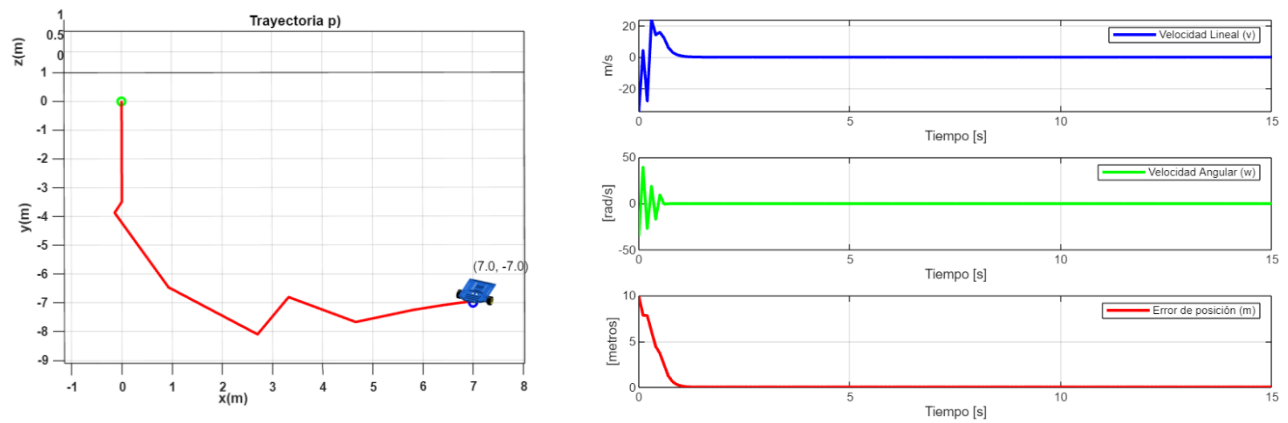
**Figura 48.** Gráficas de la trayectoria o) con una ganancia de 15

En esta trayectoria, la ganancia de 10 en la Figura 46, permite una llegada precisa pero algo lenta. Mientras que con la ganancia 5 de la Figura 47, el robot mejoró el tiempo sin comprometer la estabilidad. La ganancia 15 de la Figura 48. provocó una respuesta muy veloz, pero con oscilaciones importantes en la orientación. El mejor balance se obtuvo con ganancia 5.

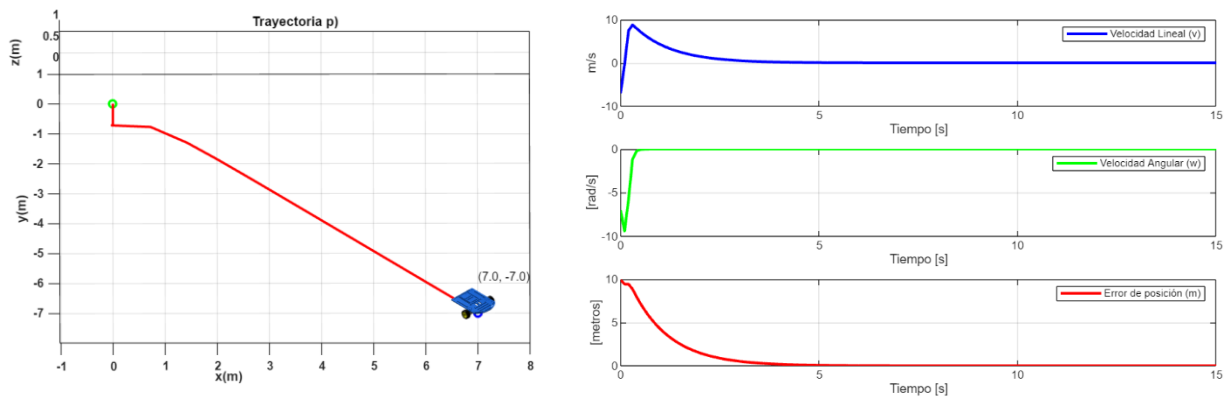
## Trayectoria p)



**Figura 49.** Gráficas de la trayectoria p) con una ganancia de 10



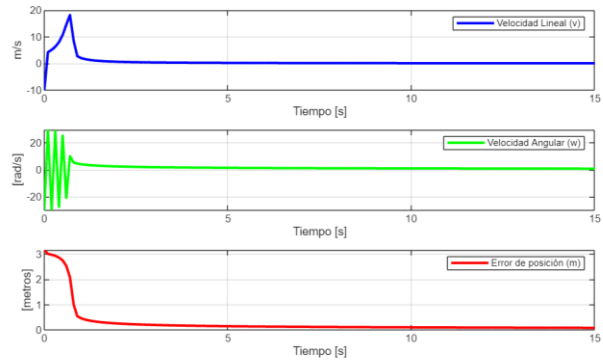
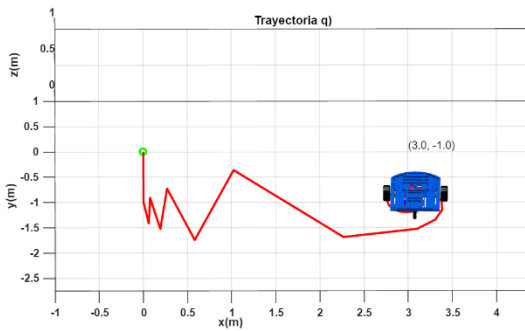
**Figura 50.** Gráficas de la trayectoria p) con una ganancia de 5



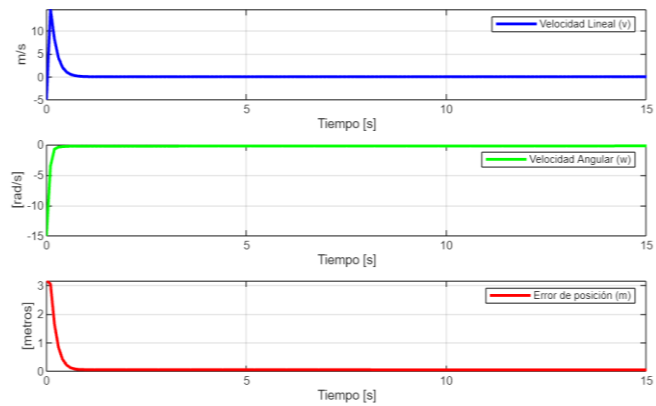
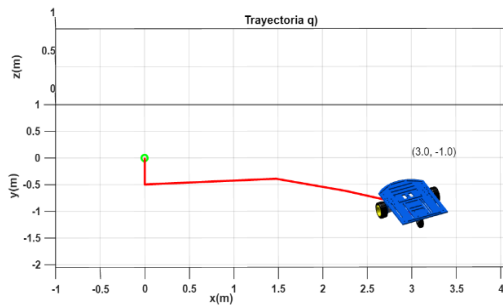
**Figura 51.** Gráficas de la trayectoria p) con una ganancia de 1

En general al comparar las tres ganancias con ganancia 1 de la Figura 51, el movimiento fue controlado pero largo. Al aumentar a 5 en la Figura 50, el tiempo se redujo y el trayecto se mantuvo estable. Con ganancia 10 en la Figura 49, la respuesta fue muy rápida, pero con giros abruptos al inicio. La ganancia media volvió a destacar por su balance general.

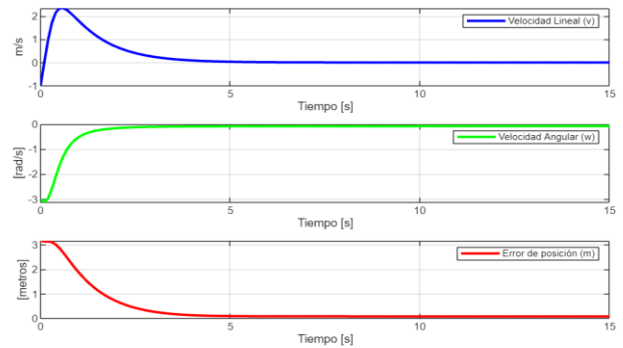
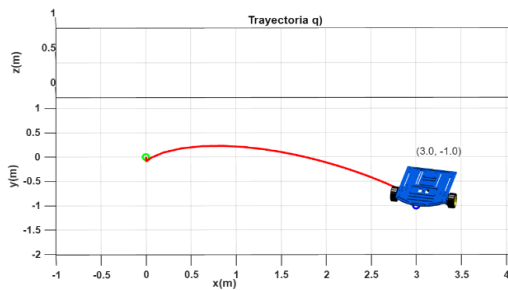
## Trayectoria q)



**Figura 52.** Gráficas de la trayectoria q) con una ganancia de 10



**Figura 53.** Gráficas de la trayectoria q) con una ganancia de 5

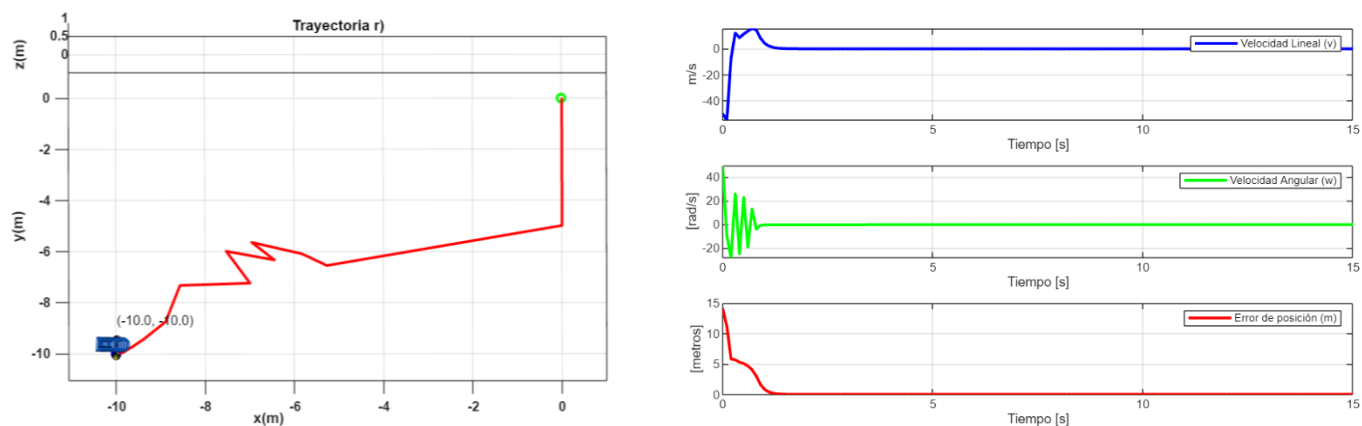


**Figura 54.** Gráficas de la trayectoria q) con una ganancia de 1

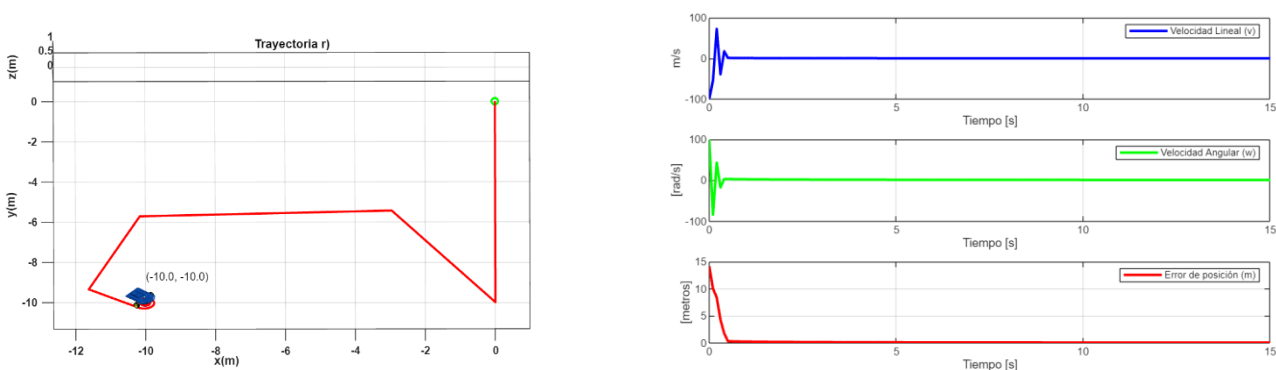
En este caso, el robot alcanzó el destino con todas las ganancias. La ganancia 1 de la Figura 54, fue precisa pero lenta; por otro lado, la de 5 en la Figura 53 permitió mejor tiempo con estabilidad, y la de 10 en la Figura 52 fue la más rápida, aunque con ajustes más agresivos. Ganancia 5 ofreció el mejor comportamiento general.



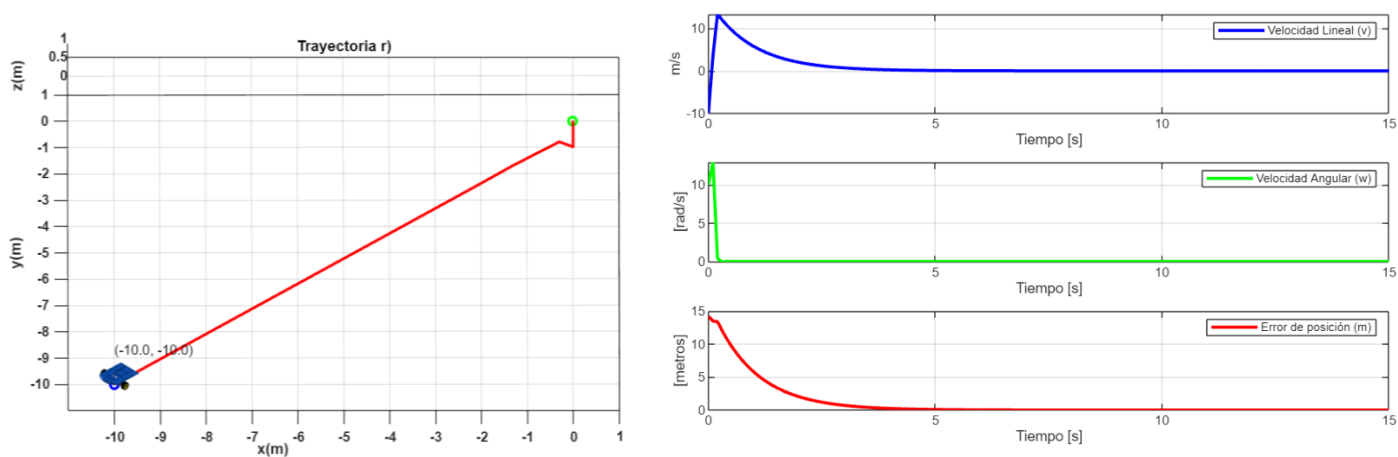
## Trayectoria r)



**Figura 55.** Gráficas de la trayectoria r) con una ganancia de 10



**Figura 56.** Gráficas de la trayectoria r) con una ganancia de 5

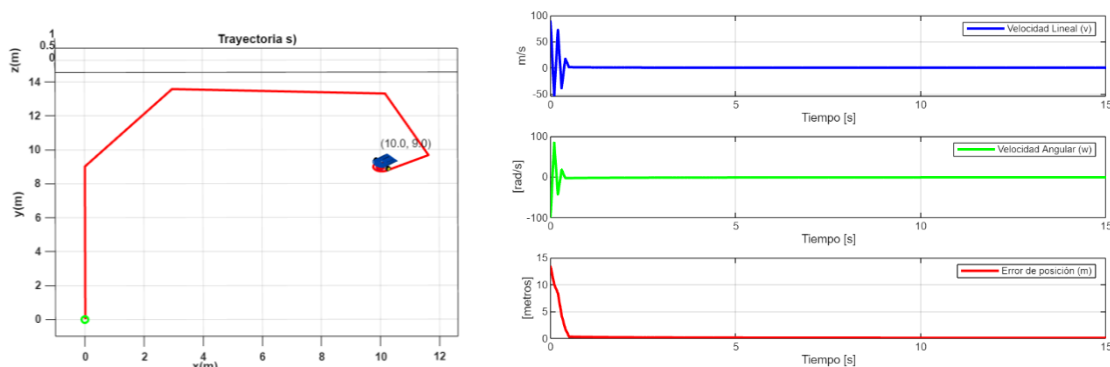


**Figura 57.** Gráficas de la trayectoria r) con una ganancia de 1

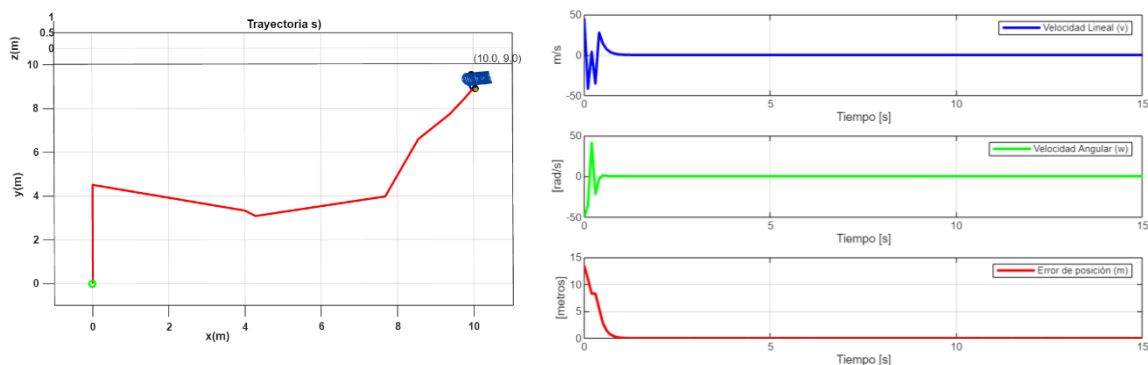
El trayecto más largo evidenció diferencias claras: con ganancia 1 de la Figura 57, el robot tardó considerablemente. Con 5 en la Figura 56, la trayectoria fue eficiente y sin sobresaltos. Añadiendo que con la ganancia 10 de la Figura 55, ofreció una llegada rápida,

pero con oscilaciones marcadas. Por la distancia y necesidad de precisión, la ganancia media fue la más apropiada.

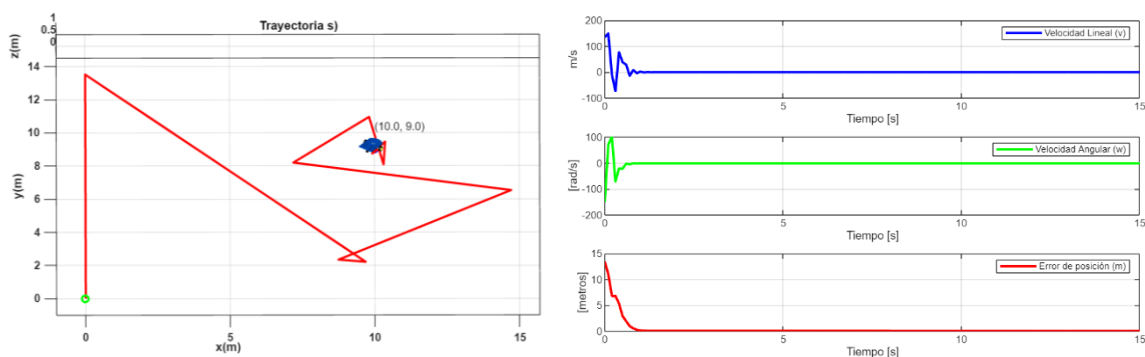
## Trayectoria s)



**Figura 58.** Gráficas de la trayectoria s) con una ganancia de 10



**Figura 59.** Gráficas de la trayectoria s) con una ganancia de 5



**Figura 60.** Gráficas de la trayectoria s) con una ganancia de 15

La ganancia 10 en la Figura 58, ofreció un movimiento suave pero demorado. Con ganancia 5 de la Figura 59, el robot llegó con rapidez y precisión. Mientras que con una ganancia 15 de la Figura 60 redujo el tiempo aún más, pero generó movimientos bruscos al inicio. Para esta trayectoria amplia, la ganancia 5 nuevamente resultó la mejor opción.

## **Conclusión**

En resumen, la actividad otorgo la oportunidad de probar diferentes ganancias (10, 5, 15 o 1) para evaluar el comportamiento de un robot al alcanzar diversos puntos de destino. En esencia, se logró observar que las ganancias altas como 15 ofrecieron respuestas rápidas, pero en varios casos generaron inestabilidad (como demasiadas oscilaciones) o el robot no logró llegar al punto deseado. Las ganancias bajas como 1 permitieron trayectorias muy estables, aunque con tiempos de llegada más largos. Por otro lado, las ganancias de 5 y 10 mostraron un mejor equilibrio entre precisión y velocidad, siendo las más adecuadas en la mayoría de las trayectorias.