

**Actividad 5.1 (Control de Posición)**

Oscar Ortiz Torres A01769292

Implementación de robótica inteligente

Grupo 501

Tecnológico de Monterrey Campus Puebla

Sábado 12 de abril de 2025

## Objetivo

Implementar un sistema de control de posición para un robot móvil diferencial, utilizando una serie de coordenadas objetivo distribuidas en el plano X-Y. Se busca analizar el comportamiento del robot al seguir distintas trayectorias, observando su respuesta dinámica ante variaciones en las ganancias del controlador.

## Metodología

Utilizando como base el código brindado por el profesor, se añadió un vector con las 20 coordenadas en el eje X y otro vector con las 20 coordenadas en el eje Y, así como una variable para almacenar el número de punto de referencia para el sistema de control de localización. Por otro lado, la perspectiva de la graficación de la trayectoria del robot se establece para verse desde abajo del plano X-Y, esto para apreciar mejor la trayectoria hecha por el robot simulado, además se identifica en qué cuadrante se encuentra la coordenada objetivo y se definen límites para el área de graficación para ver en detalle el movimiento de la simulación del robot.

```

6      % Variable de selección de número de coordenada objetivo
7      op_point = 11;
8
9      % Vectores de componentes X y Y de las coordenadas objetivos
10     op_x = [1, 3, 6, -4, -6, -1, -7, -2, -0.5, 1, 3, 8, 0, 0, 0, -5, 7, 3, -10, 10];
11     op_y = [2, 7, 0, 5, 0, 0, -7, -4, -0.5, -3, -5, 0, -3, 9, -1, -10, -7, -1, -10, 9];

```

**Imagen 1.** Vectores de coordenadas y variable de selección

```

29     % Valores de posición deseada en base al número de selección
30     hxd=op_x(op_point);
31     hyd=op_y(op_point);

```

**Imagen 2.** Asignación dinámica de coordenada objetivo

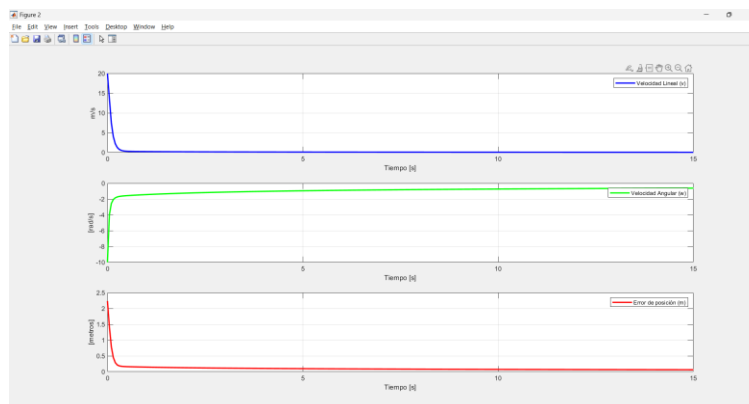
```

103 view([0 -90]); % Orientacion de la figura
104
105 margen = 1.5;
106 if op_x(op_point) >= 0 && op_y(op_point) >= 0
107     % Cuadrante I
108     xmin_lim = -margen;
109     xmax_lim = op_x(op_point) + margen;
110     ymin_lim = -margen;
111     ymax_lim = op_y(op_point) + margen;
112 elseif op_x(op_point) <= 0 && op_y(op_point) >= 0
113     % Cuadrante II
114     xmin_lim = op_x(op_point) - margen;
115     xmax_lim = margen;
116     ymin_lim = -margen;
117     ymax_lim = op_y(op_point) + margen;
118 elseif op_x(op_point) <= 0 && op_y(op_point) <= 0
119     % Cuadrante III
120     xmin_lim = op_x(op_point) - margen;
121     xmax_lim = margen;
122     ymin_lim = op_y(op_point) - margen;
123     ymax_lim = margen;
124 elseif op_x(op_point) >= 0 && op_y(op_point) <= 0
125     % Cuadrante IV
126     xmin_lim = -margen;
127     xmax_lim = op_x(op_point) + margen;
128     ymin_lim = op_y(op_point) - margen;
129     ymax_lim = margen;
130 end
131
132 % Ingresar limites minimos y maximos en los ejes x y z [minX maxX minY maxY minZ maxZ]
133 axis([xmin_lim xmax_lim ymin_lim ymax_lim 0 1]);

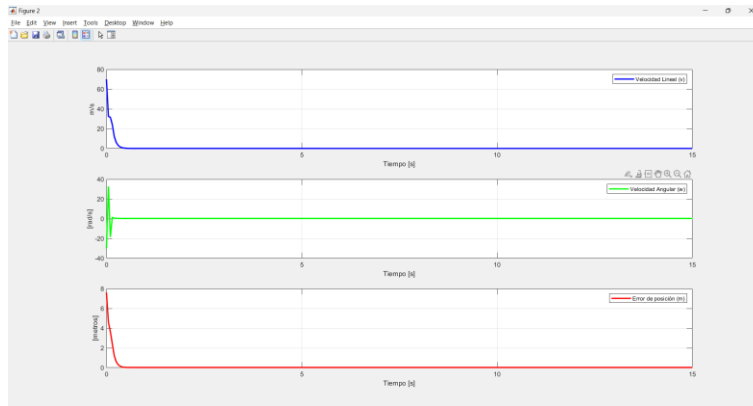
```

**Imagen 3.** Identificación del cuadrante objetivo y definición de límites para graficar

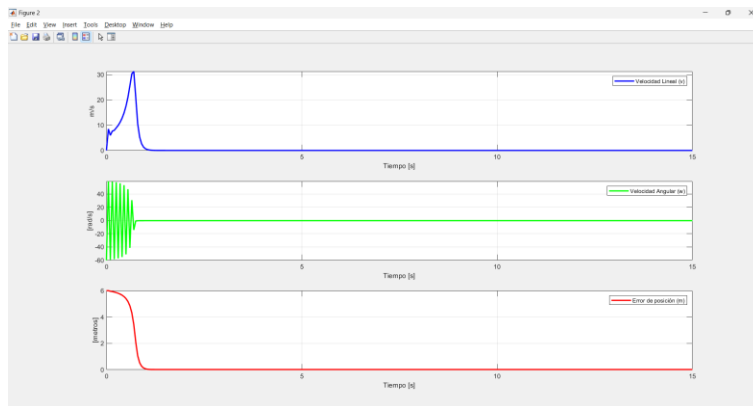
Una vez integrado el código, el siguiente paso fue probar cada una de las coordenadas objetivo, esto con la finalidad de analizar el comportamiento del sistema de control con la matriz de ganancias contenida en el código original ( $K_0 = \begin{bmatrix} 10 & 0 \\ 0 & 10 \end{bmatrix}$ ). Las gráficas resultantes se muestran desde la Imagen 4 hasta la Imagen 23.



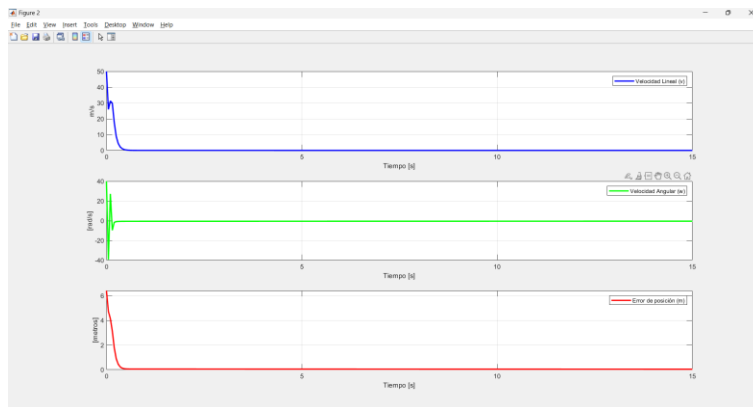
**Imagen 4.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 1



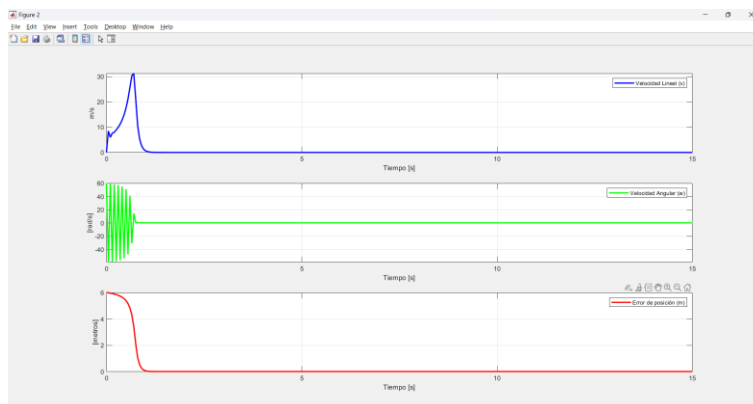
**Imagen 5.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 2



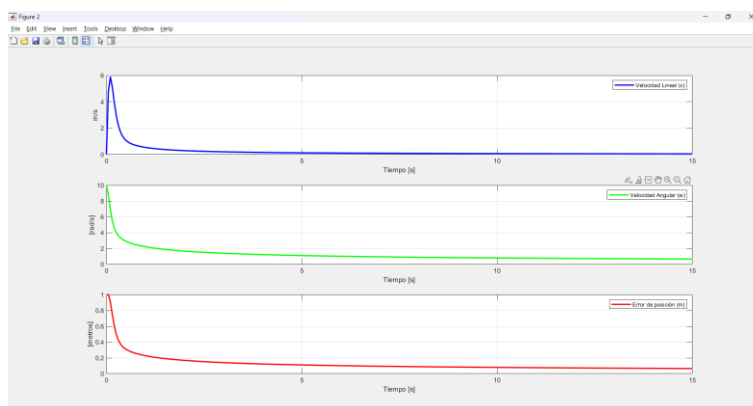
**Imagen 6.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 3



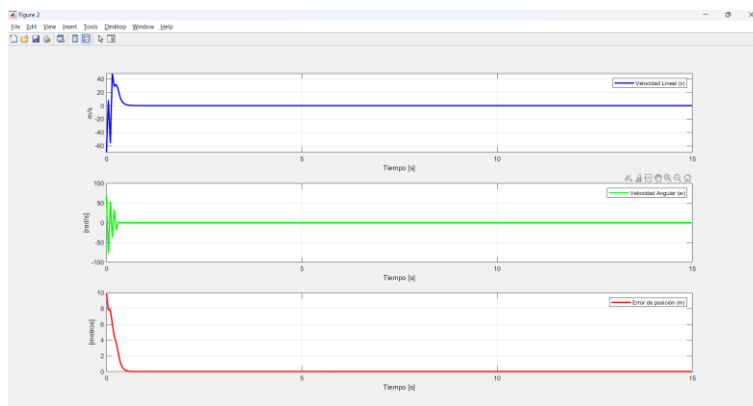
**Imagen 7.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 4



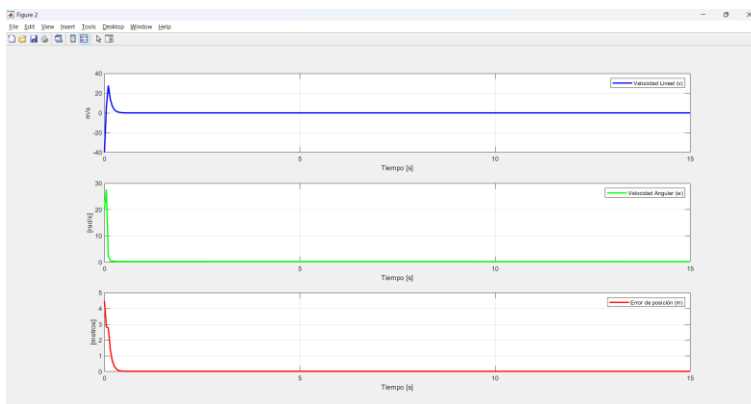
**Imagen 8.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 5



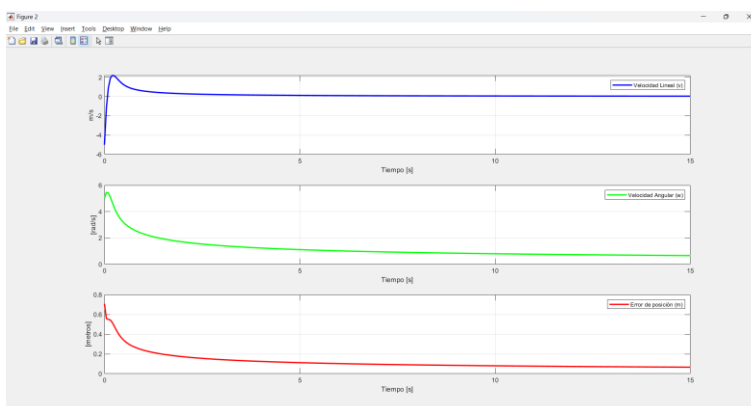
**Imagen 9.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 6



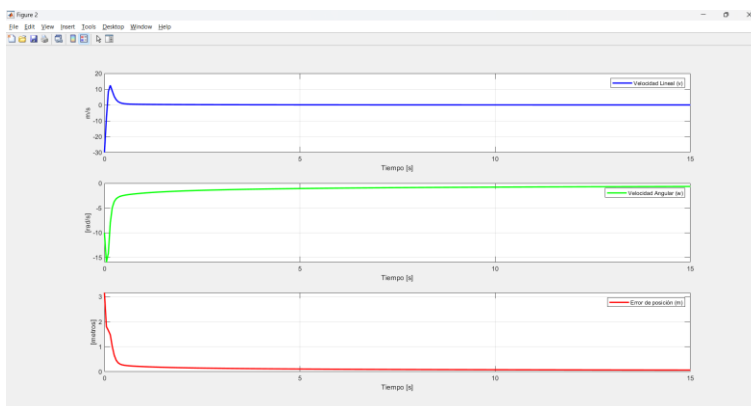
**Imagen 10.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 7



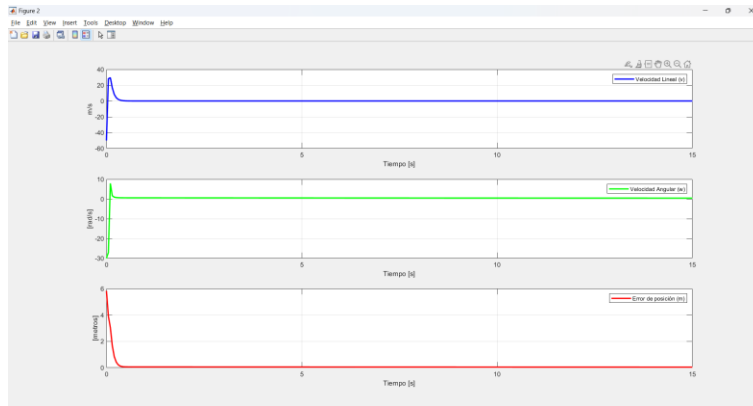
**Imagen 11.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 8



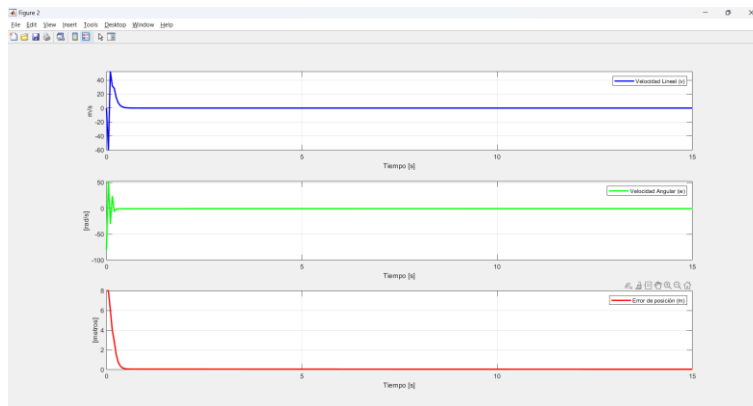
**Imagen 12.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 9



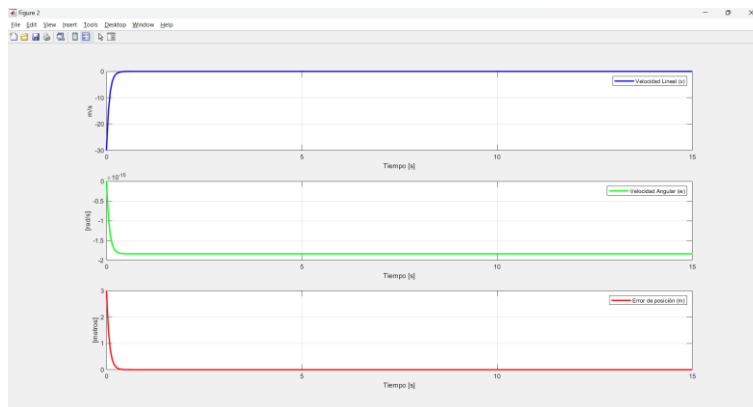
**Imagen 13.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 10



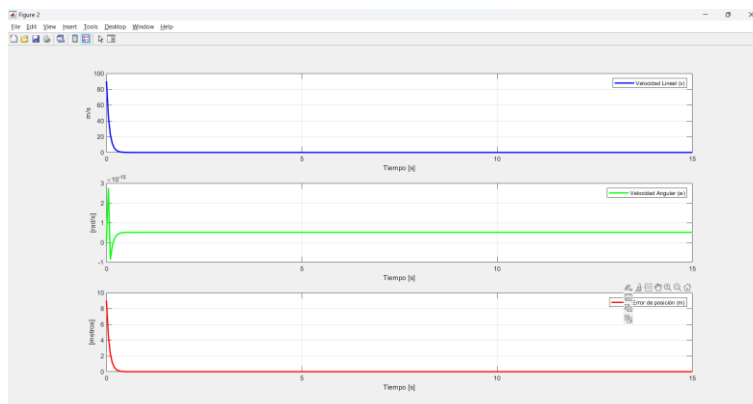
**Imagen 14.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 11



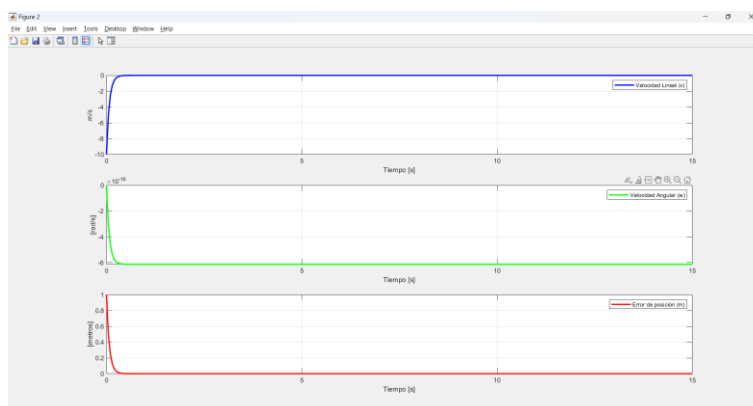
**Imagen 15.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 12



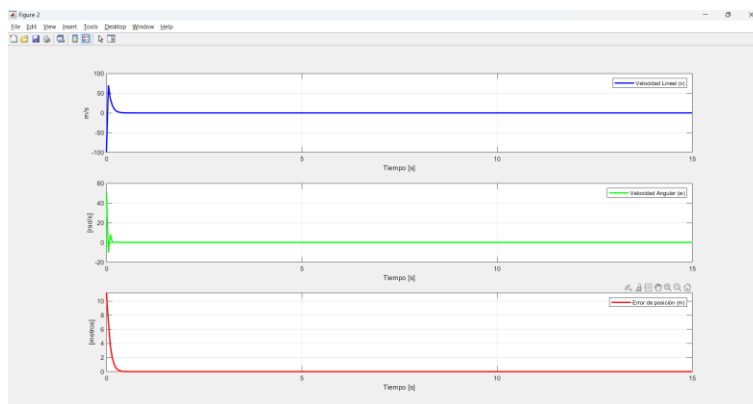
**Imagen 16.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 13



**Imagen 17.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 14

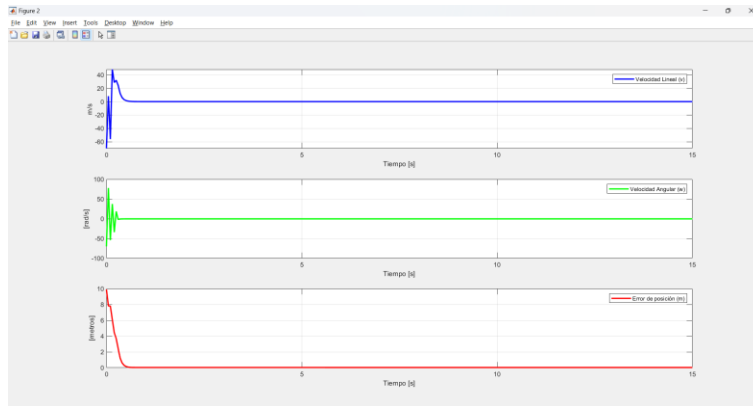


**Imagen 18.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 15

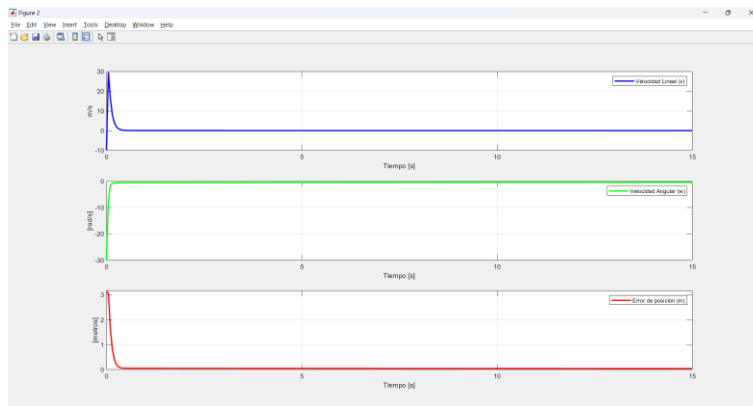


**Imagen 19.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 16

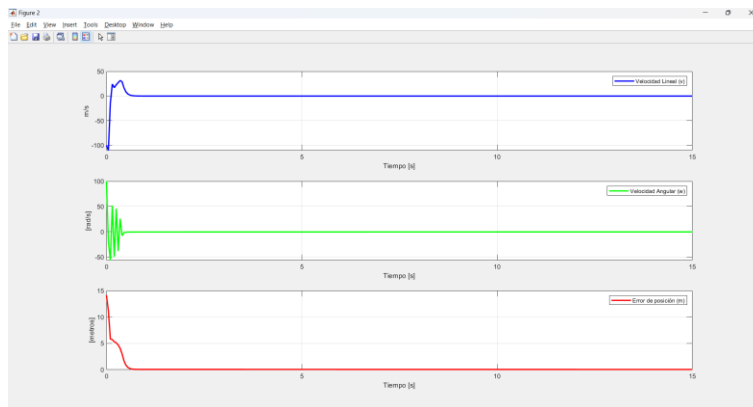




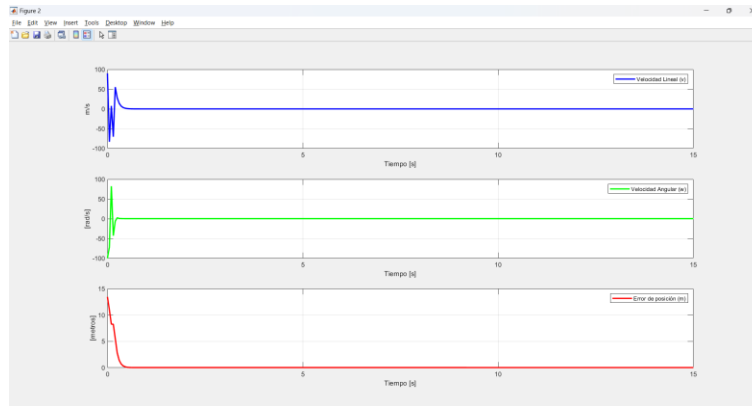
**Imagen 20.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 17



**Imagen 21.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 18



**Imagen 22.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 19



**Imagen 23.** Graficación de velocidad lineal, velocidad angular y error a lo largo del tiempo con la coordenada objetivo 20

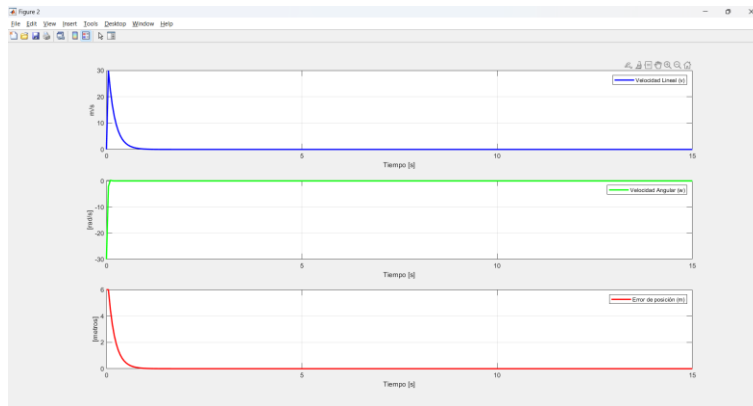
Tras analizar los gráficos con cada respuesta, se concluyó lo siguiente:

<b>Tabla 1. Comportamiento del sistema a las coordenadas objetivo</b>				
<b>No. Punto</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Comportamiento</b>	
			<b>Estable</b>	<b>Oscilatorio</b>
1	1	2	X	
2	3	7	X	
3	6	0		X
4	-4	5	X	
5	-6	0		X
6	-1	0	X	
7	-7	-7	X	
8	-2	-4	X	
9	-0.5	-0.5	X	
10	1	-3	X	
11	3	-5	X	
12	8	0	X	
13	0	-3	X	
14	0	9	X	
15	0	-1	X	
16	-5	-10	X	
17	7	-7		X
18	3	-1	X	
19	-10	-10		X
20	10	9	X	

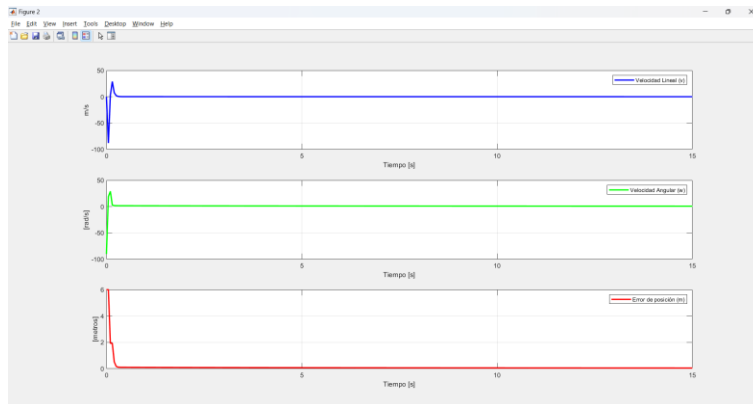
Las coordenadas objetivo 3, 5, 17 y 19 fueron aquellas que presentaron mayores oscilaciones con la matriz de ganancias originales, por lo que se analizaron con las siguientes ganancias:

$$K_1 = \begin{bmatrix} 5 & 0 \\ 0 & 5 \end{bmatrix}, K_2 = \begin{bmatrix} 15 & 0 \\ 0 & 15 \end{bmatrix}, K_3 = \begin{bmatrix} 20 & 0 \\ 0 & 20 \end{bmatrix}$$

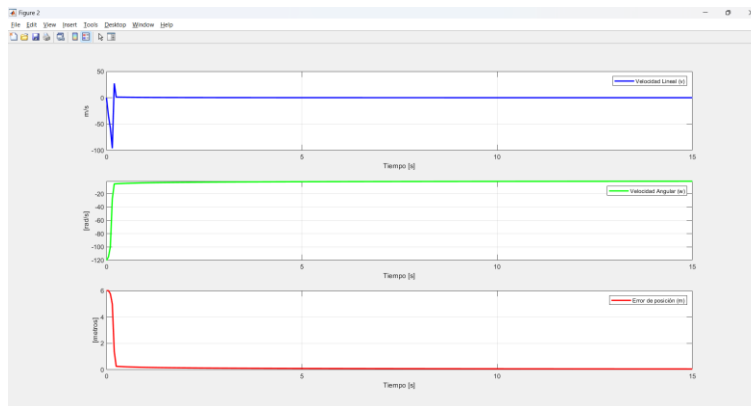
Los resultados se muestran de la Imagen 24 a la Imagen 35.



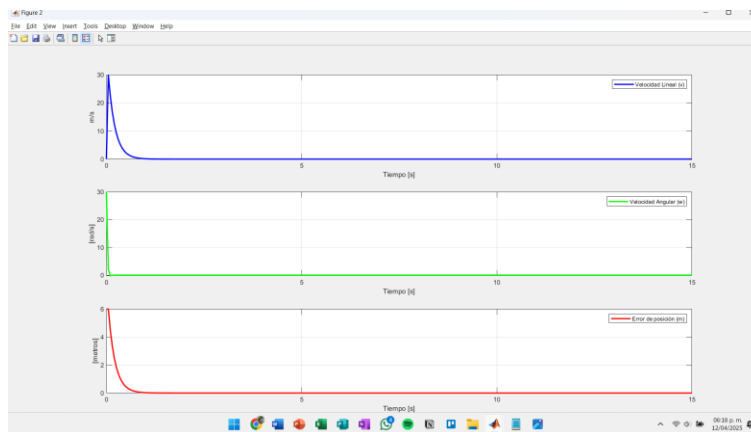
**Imagen 24.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 3 con matriz de ganancias 1



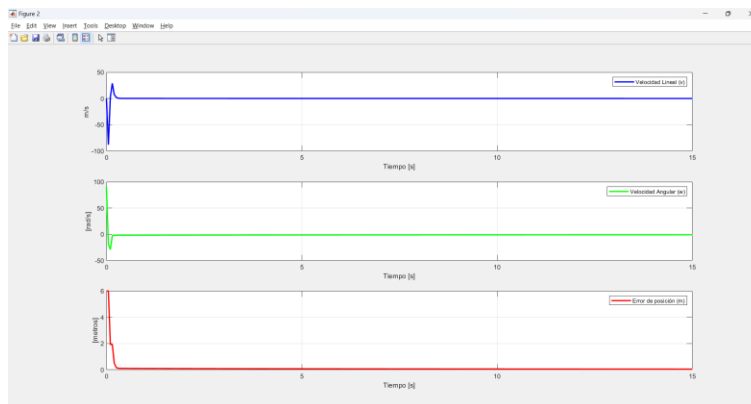
**Imagen 25.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 3 con matriz de ganancias 2



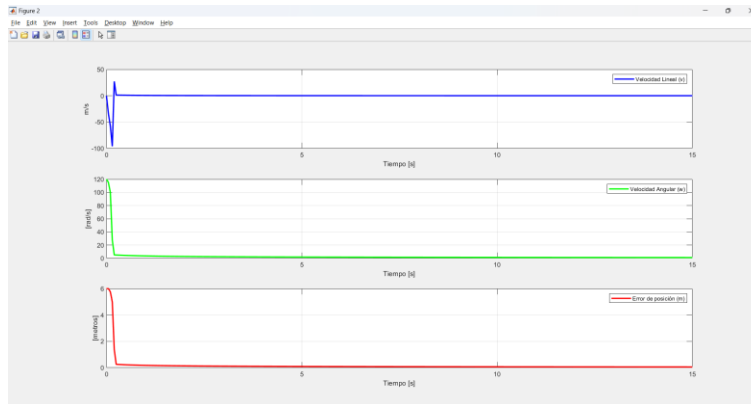
**Imagen 26.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 3 con matriz de ganancias 3



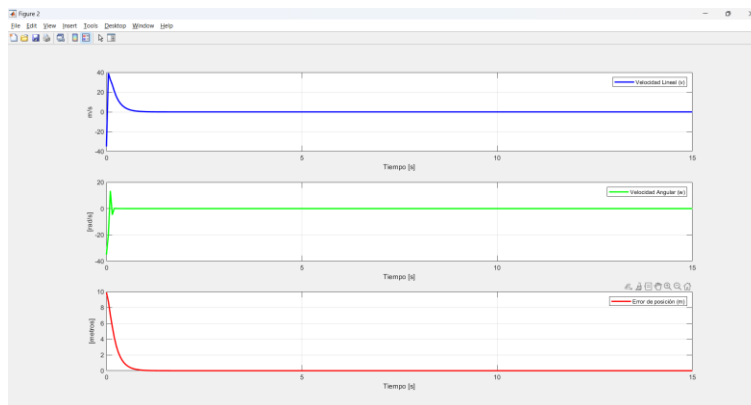
**Imagen 27.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 5 con matriz de ganancias 1



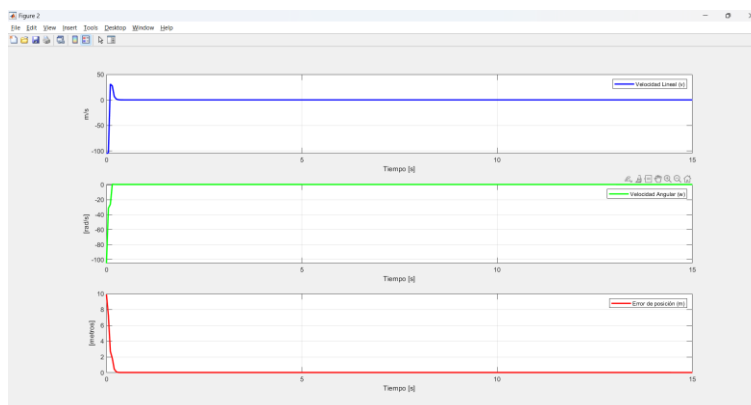
**Imagen 28.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 5 con matriz de ganancias 2



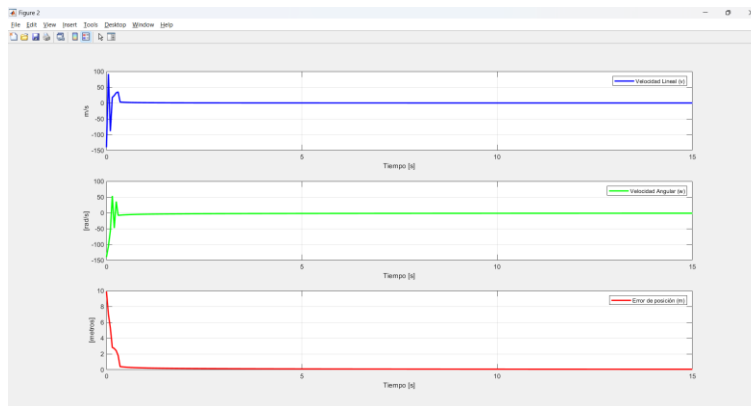
**Imagen 29.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 5 con matriz de ganancias 3



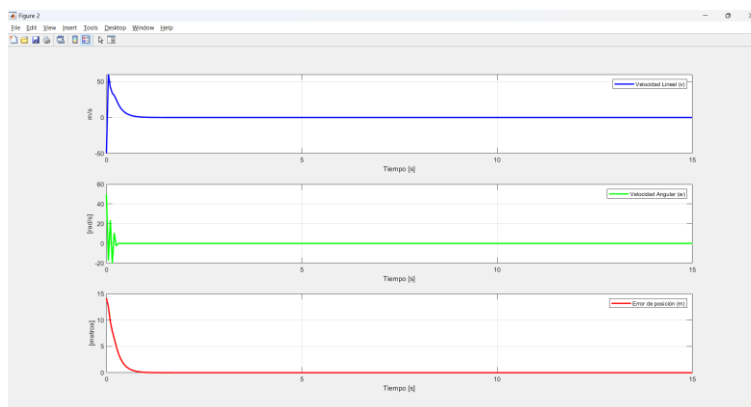
**Imagen 30.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 17 con matriz de ganancias 1



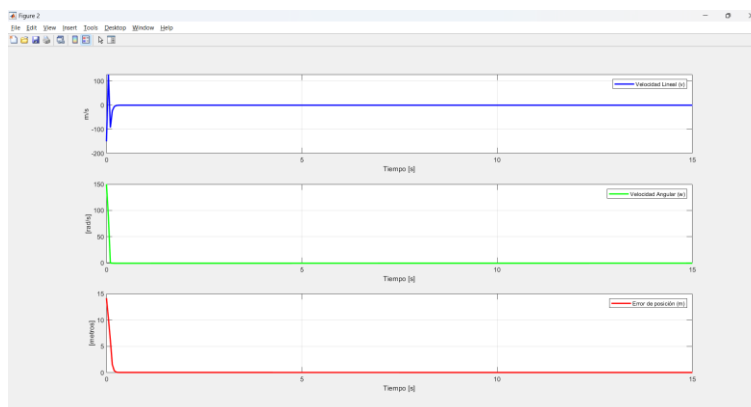
**Imagen 31.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 17 con matriz de ganancias 2



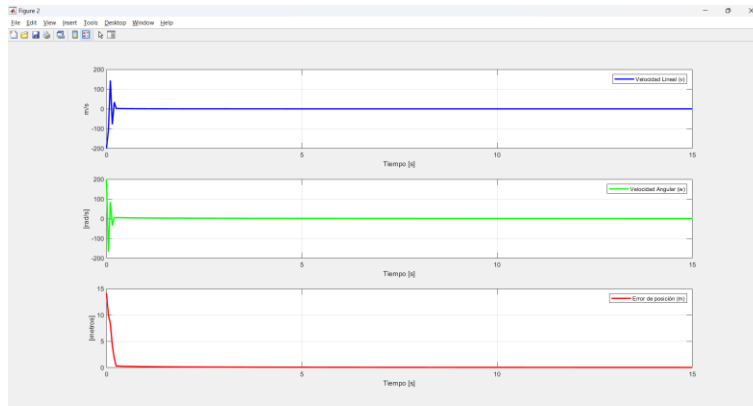
**Imagen 32.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 17 con matriz de ganancias 3



**Imagen 33.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 19 con matriz de ganancias 1



**Imagen 34.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 19 con matriz de ganancias 2

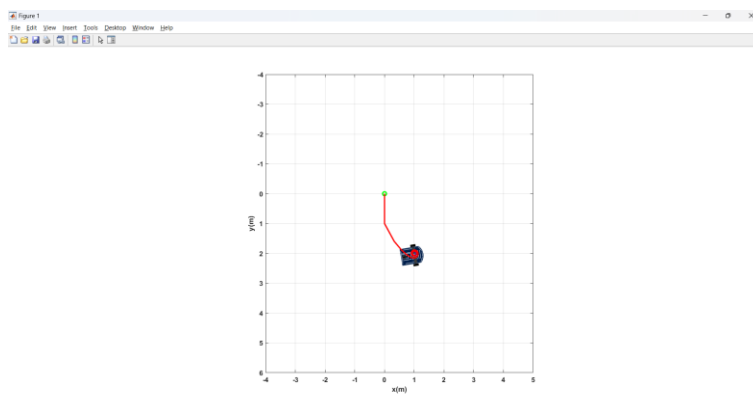


**Imagen 35.** Gráficas de comportamiento del punto objetivo 19 con matriz de ganancias 3

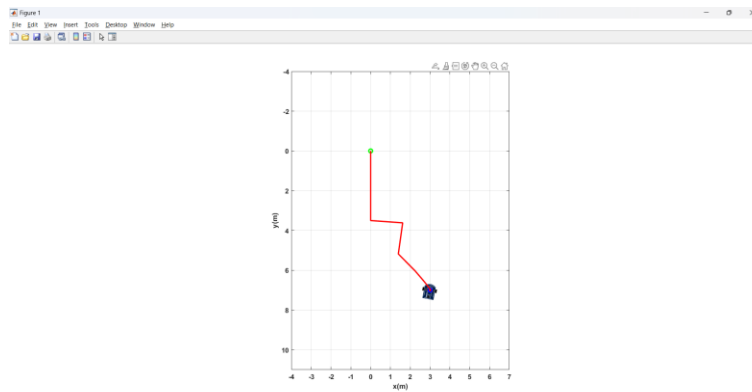
Con los gráficos obtenidos, se determinó que para los puntos objetivos 3 y 5, las matrices de ganancias 2 y 3 contienen valores que introducen oscilaciones y tiempo de estado estacionario, de igual manera, las matrices de ganancias 1 y 3 tienen los mismos efectos para los puntos 17 y 19.

## Resultados

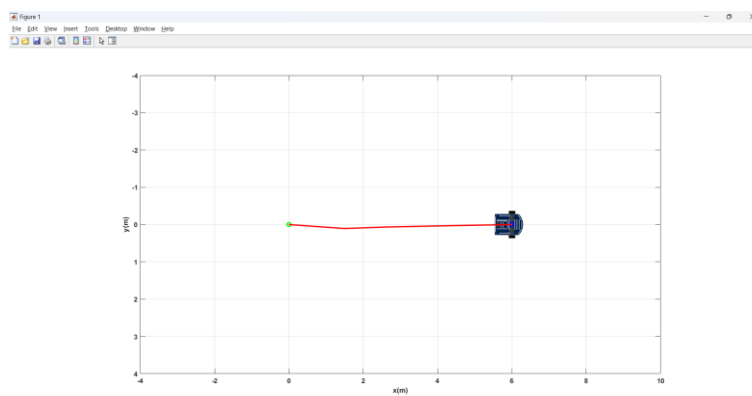
Posterior a la aplicación de la metodología descrita, se utilizó la matriz de ganancias óptima para cada punto, obteniendo los siguientes resultados en las trayectorias:



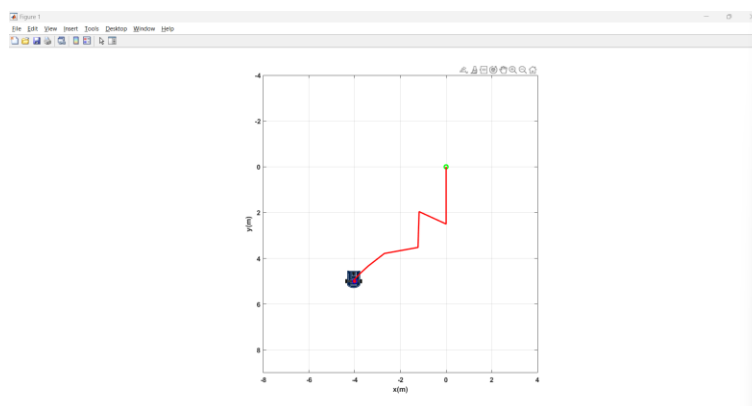
**Imagen 36.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 1 con la matriz de ganancias 0



**Imagen 37.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 2 con la matriz de ganancias 0

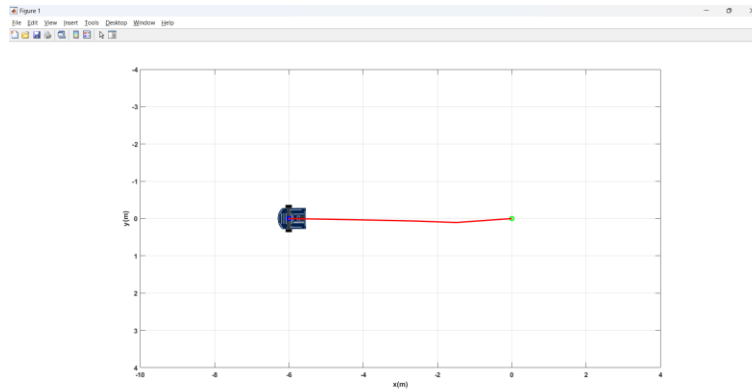


**Imagen 38.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 3 con la matriz de ganancias 1

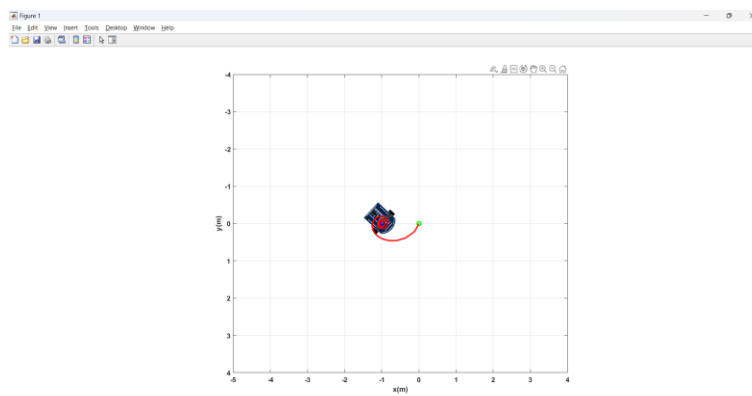


**Imagen 39.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 4 con la matriz de ganancias 0

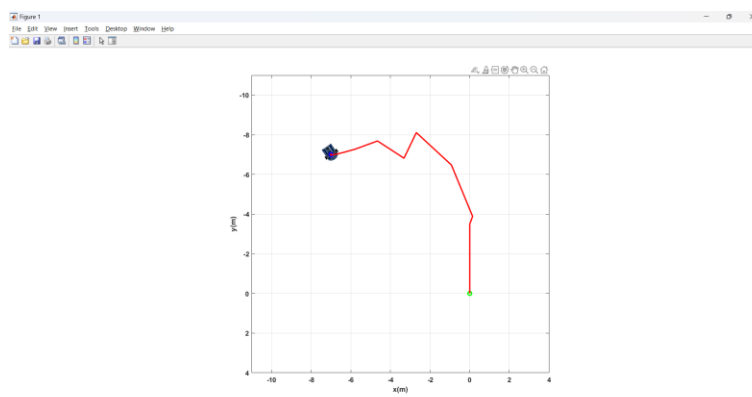




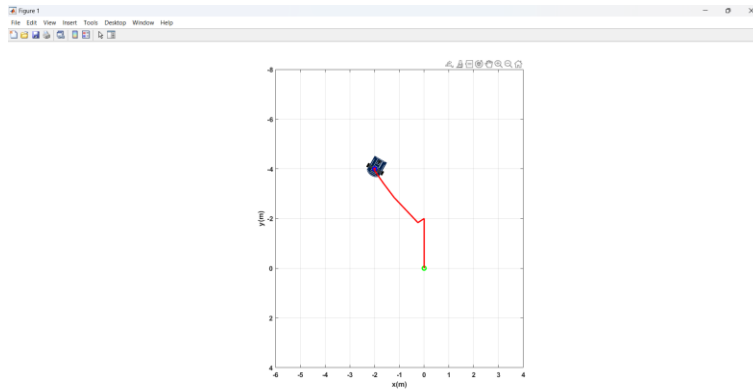
**Imagen 40.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 5 con la matriz de ganancias 1



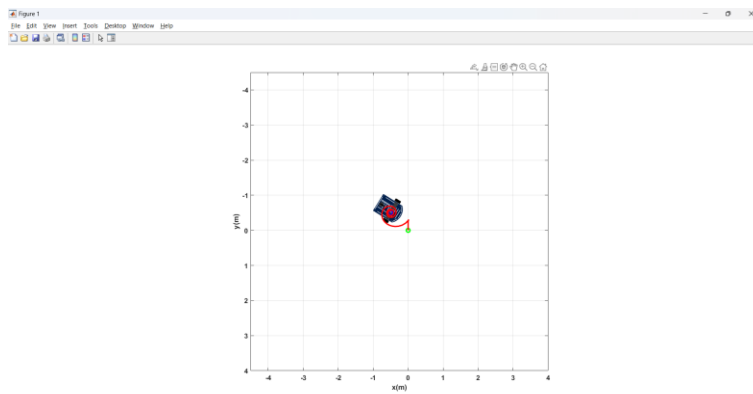
**Imagen 41.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 6 con la matriz de ganancias 0



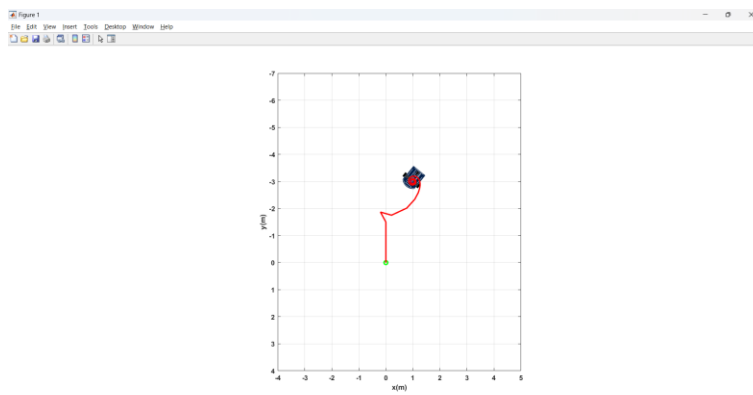
**Imagen 42.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 7 con la matriz de ganancias 0



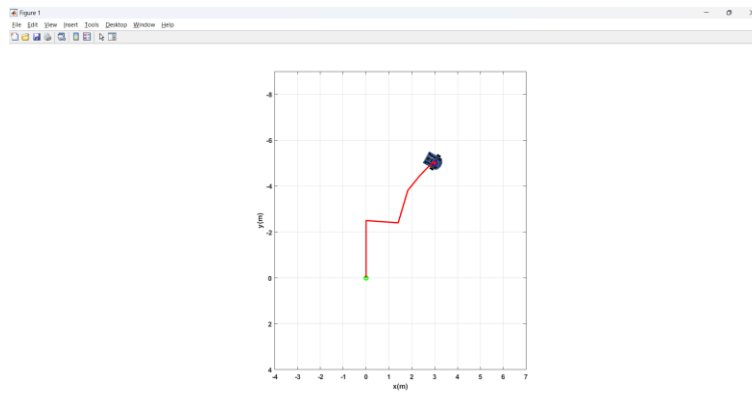
**Imagen 43.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 8 con la matriz de ganancias 0



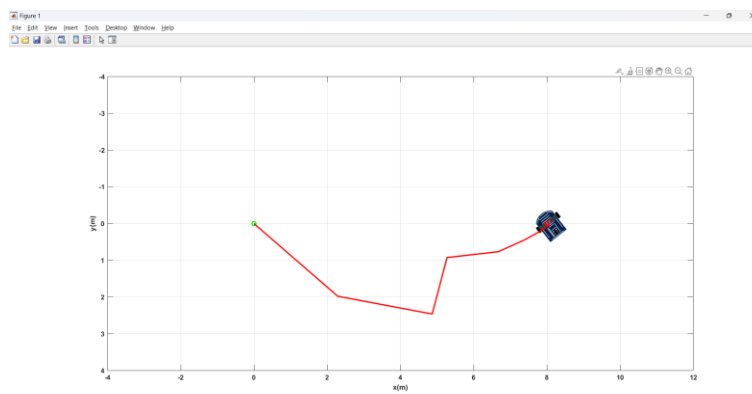
**Imagen 44.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 9 con la matriz de ganancias 0



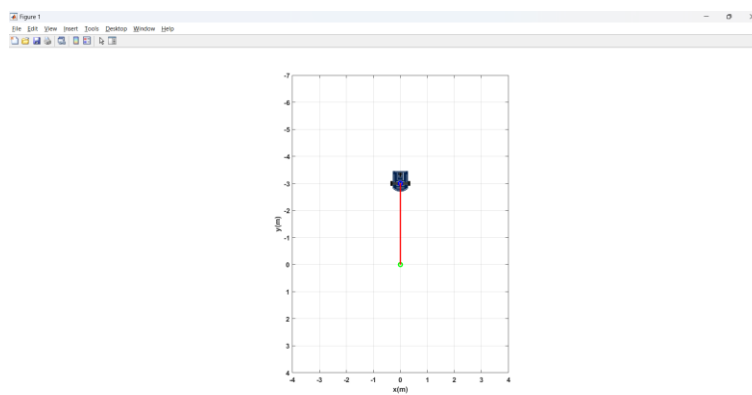
**Imagen 45.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 10 con la matriz de ganancias 0



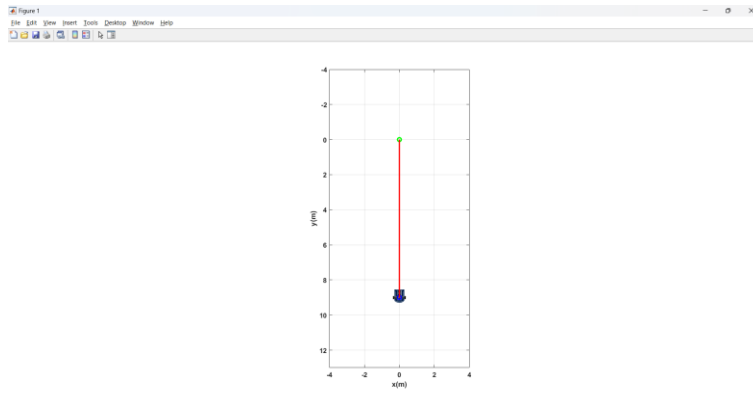
**Imagen 46.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 11 con la matriz de ganancias 0



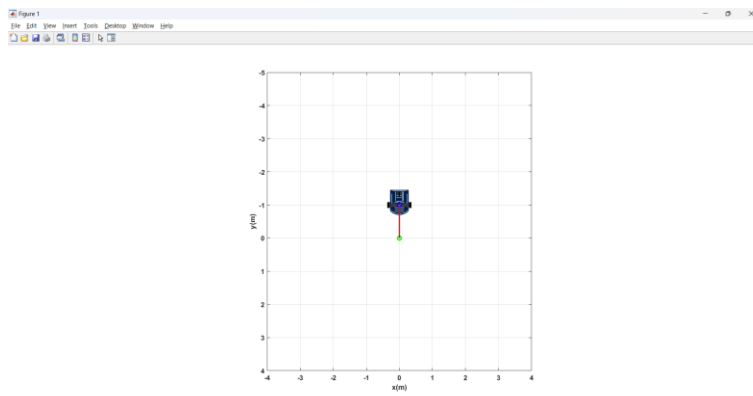
**Imagen 47.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 12 con la matriz de ganancias 0



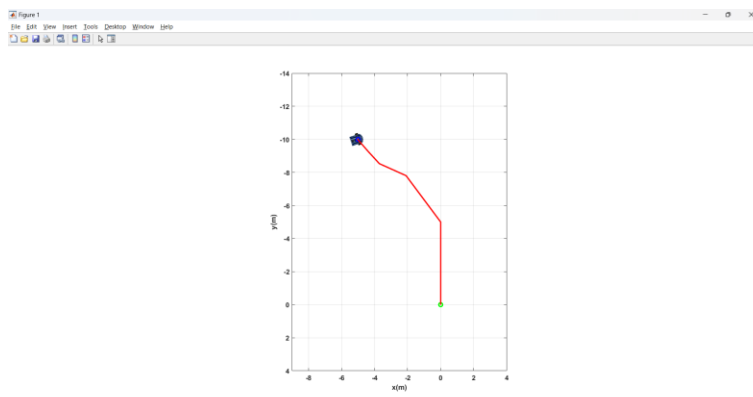
**Imagen 48.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 13 con la matriz de ganancias 0



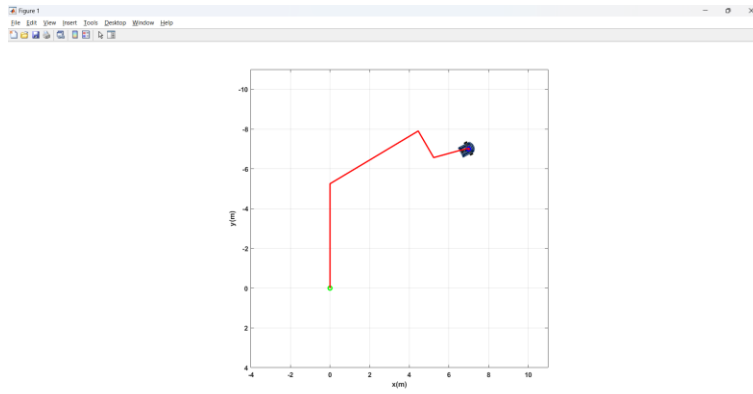
**Imagen 49.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 14 con la matriz de ganancias 0



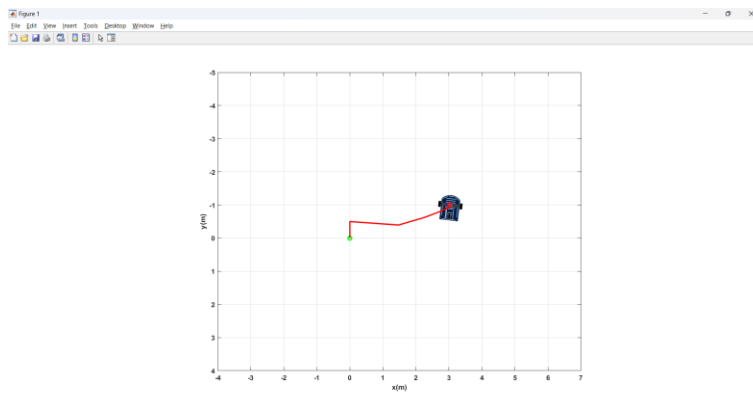
**Imagen 50.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 15 con la matriz de ganancias 0



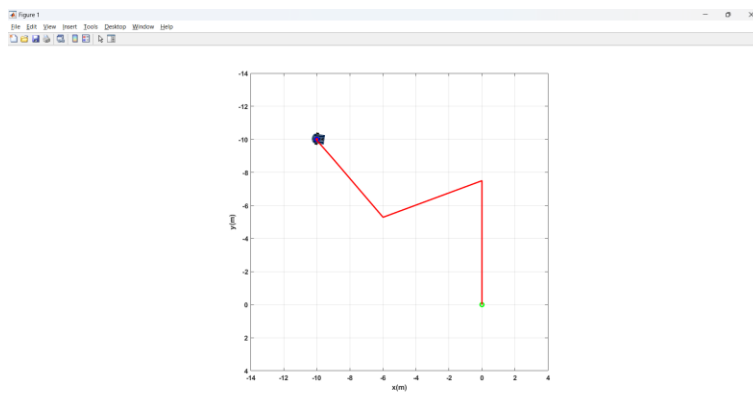
**Imagen 51.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 16 con la matriz de ganancias 0



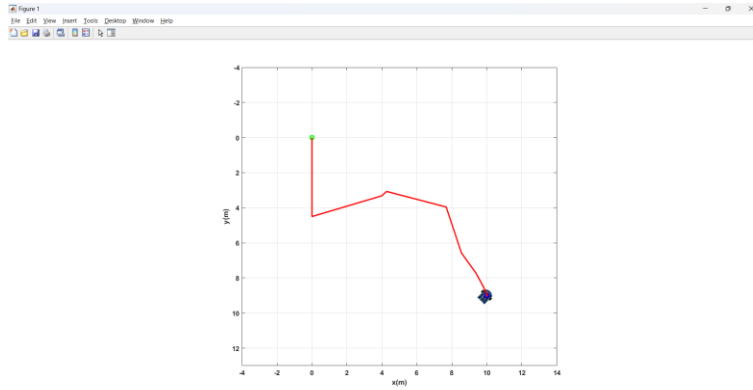
**Imagen 52.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 17 con la matriz de ganancias 2



**Imagen 53.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 18 con la matriz de ganancias 0



**Imagen 54.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 19 con la matriz de ganancias 2



**Imagen 55.** Gráfica de trayectoria del punto objetivo 20 con la matriz de ganancias 0

## Conclusión

Tras realizar la presente actividad, se puede concluir que las ganancias del control de posición de un robot diferencial dependen de la distancia entre la posición de origen del robot y la coordenada objetivo que el robot debe alcanzar. De igual manera, las ganancias altas generan un gran número de oscilaciones en el comportamiento del movimiento del robot. Considerando los diferentes resultados obtenidos en los diversos rangos de puntos objetivos, el diseño del controlador para un robot diferencial físico debe considerar la acumulación de errores a lo largo del tiempo, sobre todo con distancias muy alejadas a su origen, para obtener los resultados más precisos posibles.