Trabajo Práctico 2 Robótica

Maximiliano Nielsen - Tomas Pitinari

October 8, 2025

Nota: El código se encuentra en https://github.com/Pitinari/robotica/tree/main/TP2

Ejercicio 1

Consigna

Determinar de forma analítica el radio del camino circular que realiza el robot al ajustar la velocidad lineal y angular a valores constantes. Realizar el cálculo para dos velocidades cualquieras teniendo en cuenta las velocidades máximas del robot.

Resolución

De el apunte tenemos la referencia a este link donde nos explica la relación entre la velocidad lineal, angular y el radio del movimiento circular. De ahí obtenemos que:

$$\omega = \frac{v}{r} \Longrightarrow r = \frac{v}{\omega}$$

Tomando las especificaciones del Turtlebot3 Waffle:

- Velocidad máxima de traslación: 0.26 m/s
- Velocidad máxima de rotación: 1.82 rad/s

Usando dos velocidades arbitrarias $v = 0.1$ m/s y $\omega = 0.8$ rad/s calculamos el radio del movimiento

$$r = \frac{v}{\omega} = \frac{0.1}{0.8} = 0.125$$

Ejercicio 2

Consigna

Calcular la velocidad lineal y angular para que el robot realice un camino circular con radio de 1 m.

Resolución

El radio del camino circular del robot va a ser de $1m$ si la velocidad traslacional y angular son iguales y no nulas. Por lo que para cualquier 0 m/s $< v <$ 0.26 m/s existe un 0 rad/s$< \omega <$ 0.26 rad/s donde la magnitud de v es igual a la de ω, tal que:

$$\frac{v}{\omega} = 1 = r$$

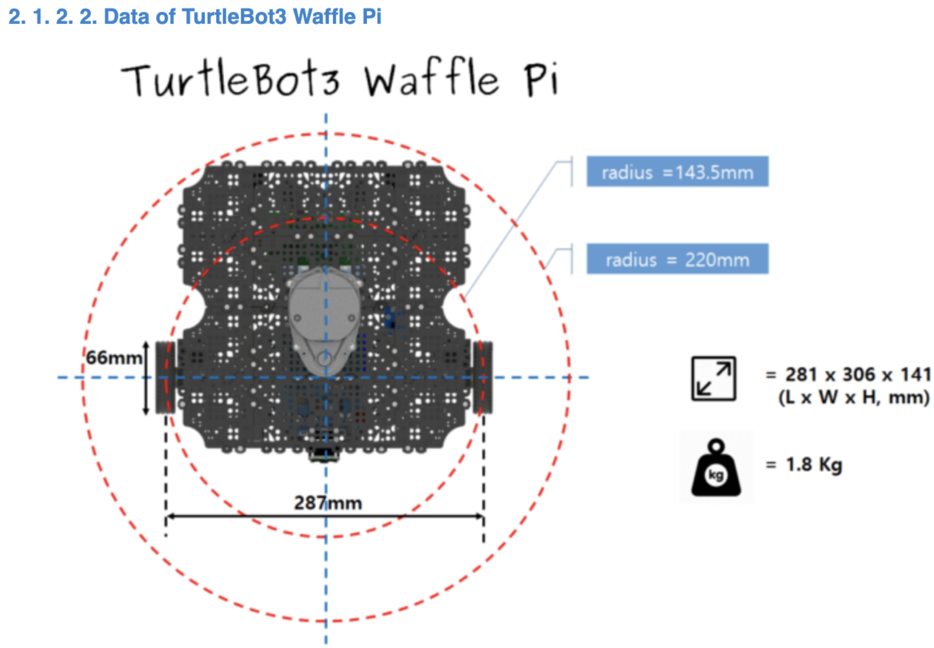
Ejercicio 3

Consigna

Calcular las velocidades lineales y angulares de las ruedas (izquierda y derecha) del robot para el camino circular del punto anterior.

Resolución

Dadas las especificaciones del Turtlebot3 Waffle:



Vemos que la distancia de cada rueda al centro es de 143.5 mm, teniendo esta información y la información en este link del apunte, obtenemos la formula:

$$\omega(r + \frac{l}{2}) = V_r$$

$$\omega(r - \frac{l}{2}) = V_l$$

Donde l es la distancia del centro del robot a ambas ruedas ($l = 0.1435$ mm), r es el radio del movimiento circular, V_r y V_l son la velocidades de las ruedas derecha e izquierda respectivamente. Por lo que tenemos que para todo ω, tal que 0 rad/s$< \omega < 0.26$ rad/s, la velocidad de las ruedas es:

$$V_r = \omega(1 + \frac{0.1435}{2}) = 1.07175\omega$$

$$V_l = \omega(1 - \frac{0.1435}{2}) = 0.92825\omega$$

Ejercicio 4 y 5

Consigna

Generar un registro (log) de odometría y velocidad del robot, para lo cual hay que ejecutar nuevamente la simulación y utilizar el script dump odom.py. Este script muestra en pantalla 6 columnas con los siguientes datos: tiempo (timestamp), coordenadas x, y, orientación, velocidad lineal y angular.
El registro de datos debe ser realizado con el robot en movimiento utilizando teleoperación por teclado. Escribir un script en Python que cargue los datos del archivo log y genere gráficos de:

a. el camino seguido por el robot,

b. la trayectoria (pose respecto al tiempo), y

c. la velocidad del robot respecto al tiempo.

Resolución

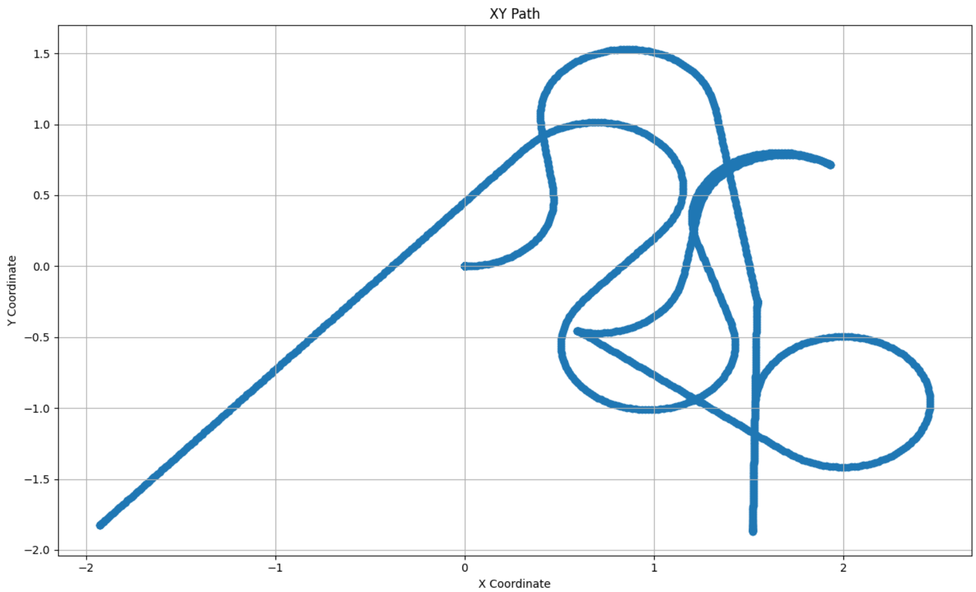


Figure 1: Camino seguido por el robot

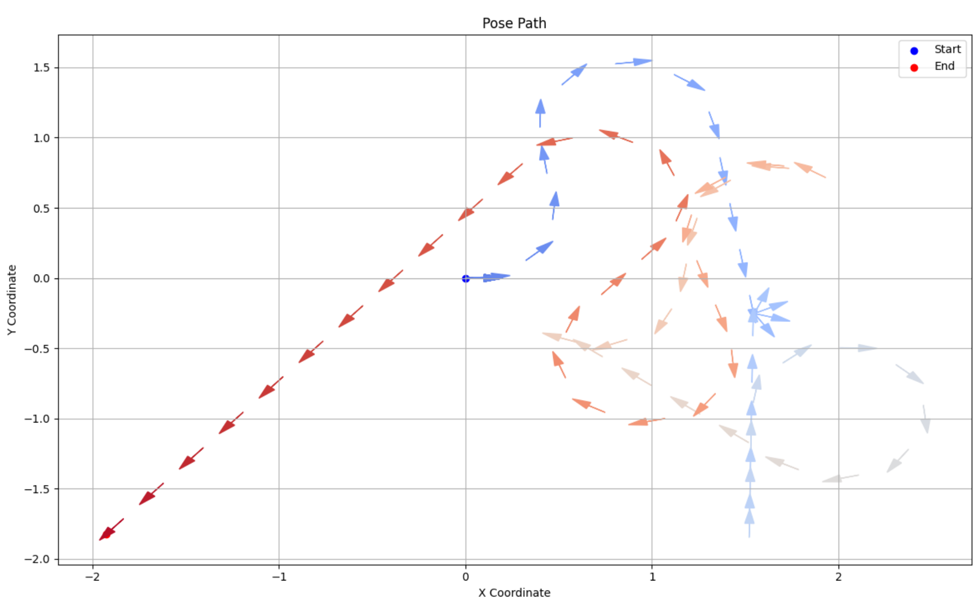


Figure 2: Trayectoria (pose respecto al tiempo)

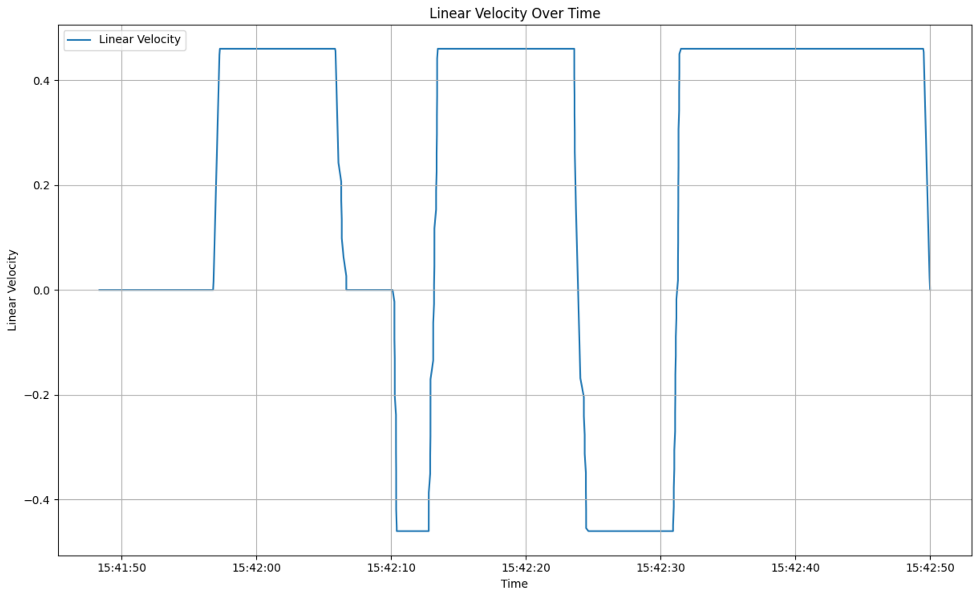


Figure 3: Velocidad lineal del robot respecto al tiempo

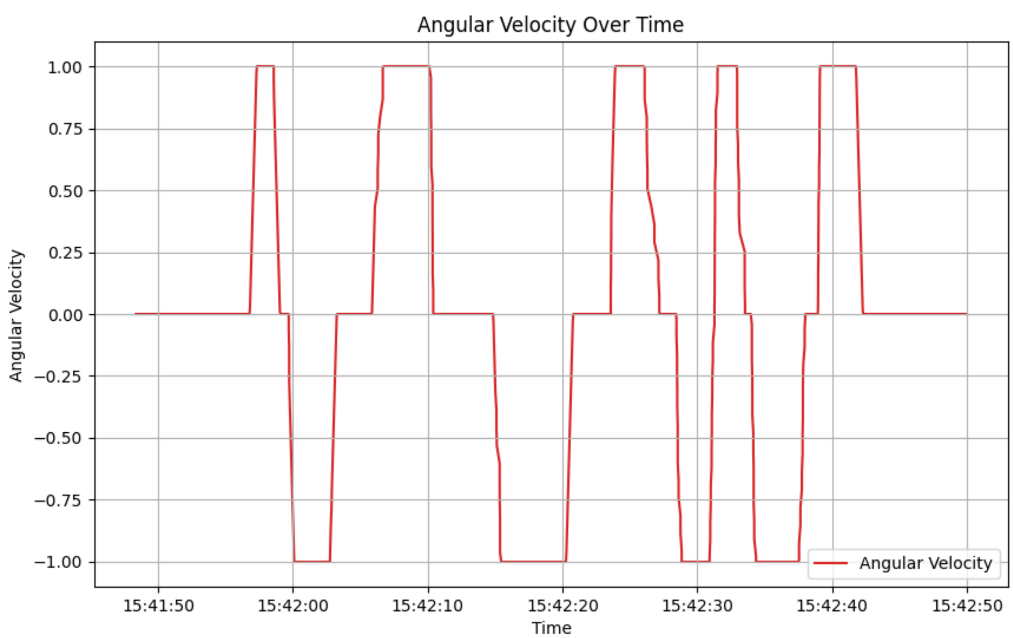


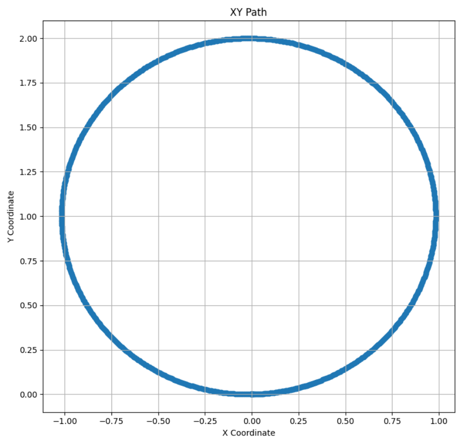
Figure 4: Velocidad angular del robot respecto al tiempo

Ejercicio 6 (opcional)

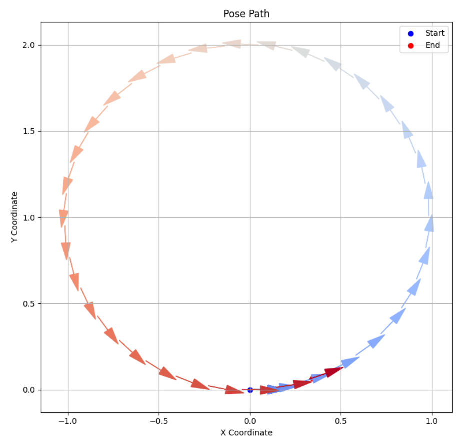
Consigna

Obtener otro registro de datos para un camino circular del robot y graficar el camino y la trayectoria.

Resolución



(a) Camino seguido por el robot



(b) Trayectoria (pose respecto al tiempo)

Ejercicio 7 (opcional)

Consigna

Marcar tres puntos cualquiera en el gráfico del camino del robot y sus correspondientes puntos en la trayectoria. No elegir los puntos de inicio y final del camino.
En base a los gráficos anteriores:

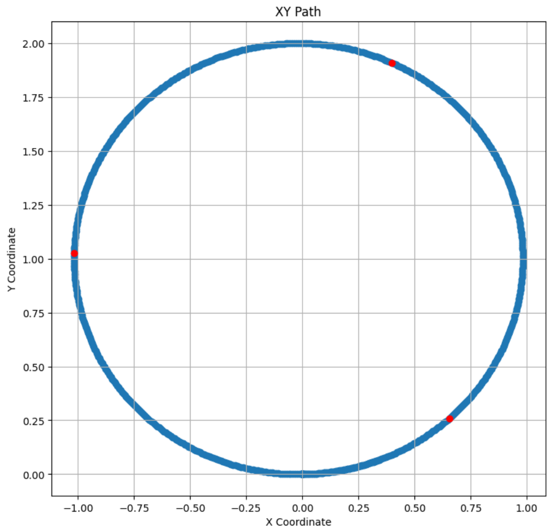
a. ¿Cuáles son los rangos de valores de las coordenadas x e y y por qué?

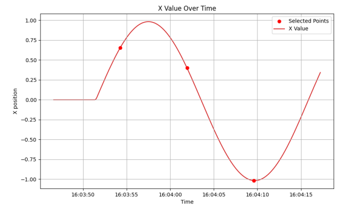
b. ¿Cuál es el rango de valores de la orientación del robot y por qué?

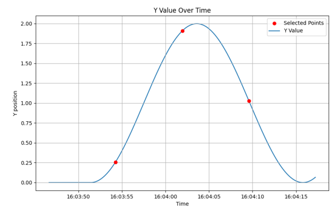
c. Obtener diferentes registros y gráficos para caminos circulares con diferentes valores (positivos y negativos) de velocidades lineales y angulares (utilizar todas las combinaciones de signos posibles). Indicar en los gráficos el sentido de avance del robot.

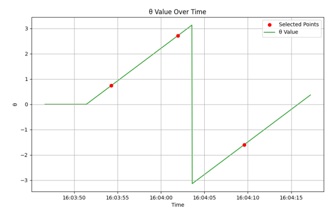
d. Describir cuál sería la secuencia de comandos de velocidad a aplicar al robot para seguir uno de los caminos mostrados en la Figura 2 (elegir solo uno).

Resolución









a. El rango de coordenadas del robot es:
   x: min=-1.01689, max=0.9831
   y: min=-0.0003, max=1.9996
   Para el movimiento circular usamos una velocidad lineal de $0,26$ m/s y una velocidad angular de $0,26$ rad/s que por el ejercicio 1 sabemos que va a denotar un movimiento circular con radio de 1 m, lo cual tiene sentido viendo los valores máximos y las gráficas de posición.

b. El rango de los valores de la orientación del robot son:
   θ: min=-3.1414, max=3.1323
   Luego el rango de la orientación tiene una magnitud de 2π lo cual tiene sentido ya que da una vuelta completa.

c. Las otras gráficas son:

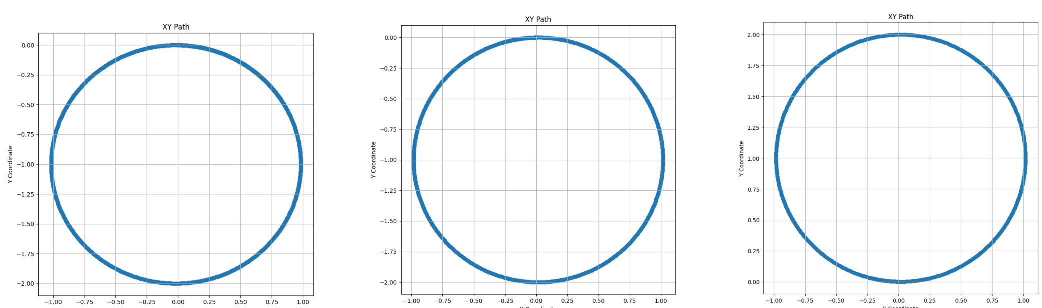


Figure 7: Lineal positiva y angular negativa, Lineal negativa y angular positiva, Lineal negativa y angular negativa, respectivamente

d. Para desarrollar el cuadrado de $2m$ podemos realizar lo siguiente:

   - Hacer andar el robot con una velocidad lineal de 0.26 m/s por $7.69s$, pues $0.26m/s \times 7.69s \approx 2m$

- Luego, hacer rotar el robot podemos hacerlo girar 90. Es decir, podemos hacerlo girar a una velocidad angular de $\frac{\pi}{4} rad/s$ por $2s$ ya que

$$\frac{\pi}{4} rad/s \times 2s = \frac{\pi}{2} rad = 90$$

  En Ros podríamos hacer ejecutando 4 veces los siguientes comandos:

```
# Mover hacia adelante en línea recta
ros2 topic pub --once /cmd_vel geometry_msgs/msg/Twist \
    "{linear: {x: 0.26, y: 0.0, z: 0.0}, angular: {x: 0.0, y: 0.0, z: 0.0}}" \
    --keep-alive 7.69
# Girar 90 grados en su lugar
ros2 topic pub --once /cmd_vel geometry_msgs/msg/Twist \
    "{linear: {x: 0.0, y: 0.0, z: 0.0}, angular: {x: 0.0, y: 0.0, z: 0.785}}" \
    --keep-alive 2
```

  Usamos `--once` para que se publique el mensaje una única vez y `--keep-alive n` para que se el proceso no termine (y por lo tanto no empiece a publicar el próximo mensaje) hasta que pasen n segundos.

Ejercicio 8

Consigna

Realizar una simulación donde:

- El mundo debe contar con varios cilindros de un mismo radio r. Los cilindros deben estar distribuidos en el entorno y ser todos observados por el láser del robot al momento de inicio de la simulación.
- Utilizar una medición láser para generar un mapa de la escena observada por el robot en simulación. Para esto debe detectar los cilindros en la medición láser obtenida. Cada cilindro es utilizado como un landmark en el mapa virtual del robot. Debe estimar el centro del cilindro, dicha posición será la posición de un landmark en el mapa virtual del robot.
- Debe crear un mapa de landmarks, publicarlo y visualizarlo en RViz utilizando el marker de cilindro. Obtenga una captura de pantalla de RViz donde se visualice las mediciones del láser y los landmarks reconstruidos.

Resolución

El mundo cuenta con 8 cilindros de radio $0.5m$ colocados al rededor del robot.

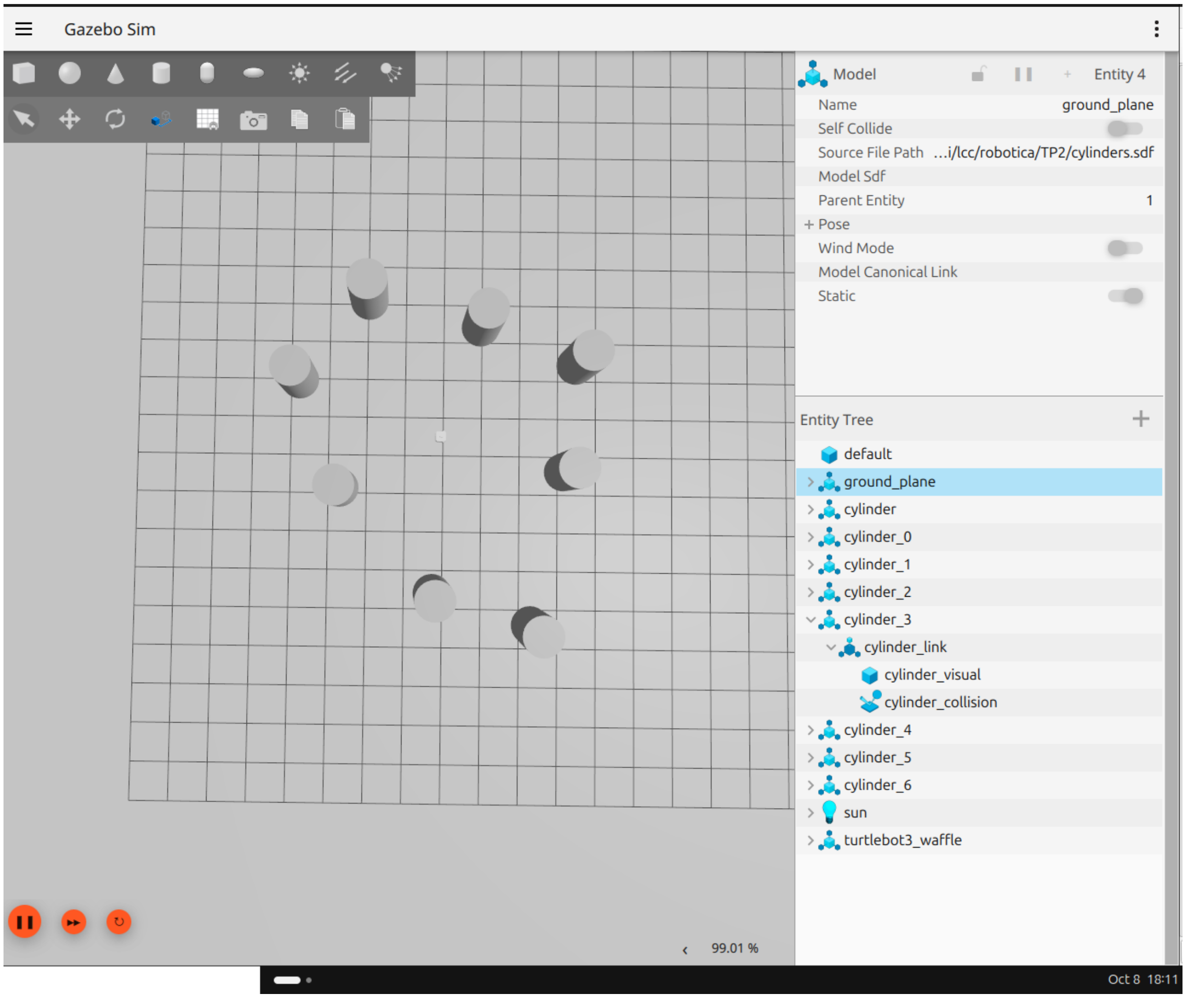


Figure 8: Mundo con cilindros

Para poder estimar la posición de cada cilindro utilizamos las medidas brindadas por el LiDAR abordo. Utilizando el siguiente algoritmo:

a. Convertimos el array de mediciones en la tupla (l, a) donde l es la medicion y a es el angulo desde el comienzo de la rotación del LiDAR.

b. Desestimamos todas las mediciones donde $l > \textit{max-range}$ siendo *max-range* el rango máximo que es capaz de medir el sensor. Esto nos deja con mediciones que impactan con un cilindro

c. Separamos las mediciones en clústeres de puntos donde la distancia entre uno y el siguiente sea menor a $\epsilon = 0.2m$.

d. Tomamos el primer punto (a), el del medio (b) y el ultimo (c) del clúster para calcular las coordenadas del centro del cilindro utilizando la siguiente formula:

$$D = 2 \cdot (a_x \cdot (b_y - c_y) + b_x \cdot (c_y - a_y) + c_x \cdot (a_y - b_y))$$

$$x = \frac{(a_x^2+a_y^2)\cdot(b_y-c_y)+(b_x^2+b_y^2)\cdot(c_y-a_y)+(c_x^2+c_y^2)\cdot(a_y-b_y)}{D}$$

$$y = \frac{(a_x^2+a_y^2)\cdot(b_x-c_x)+(b_x^2+b_y^2)\cdot(c_x-a_x)+(c_x^2+c_y^2)\cdot(a_x-b_x)}{D}$$

Una vez que obtuvimos los centros podemos publicar los marcadores de los cilindros como se ve en la siguiente figura:

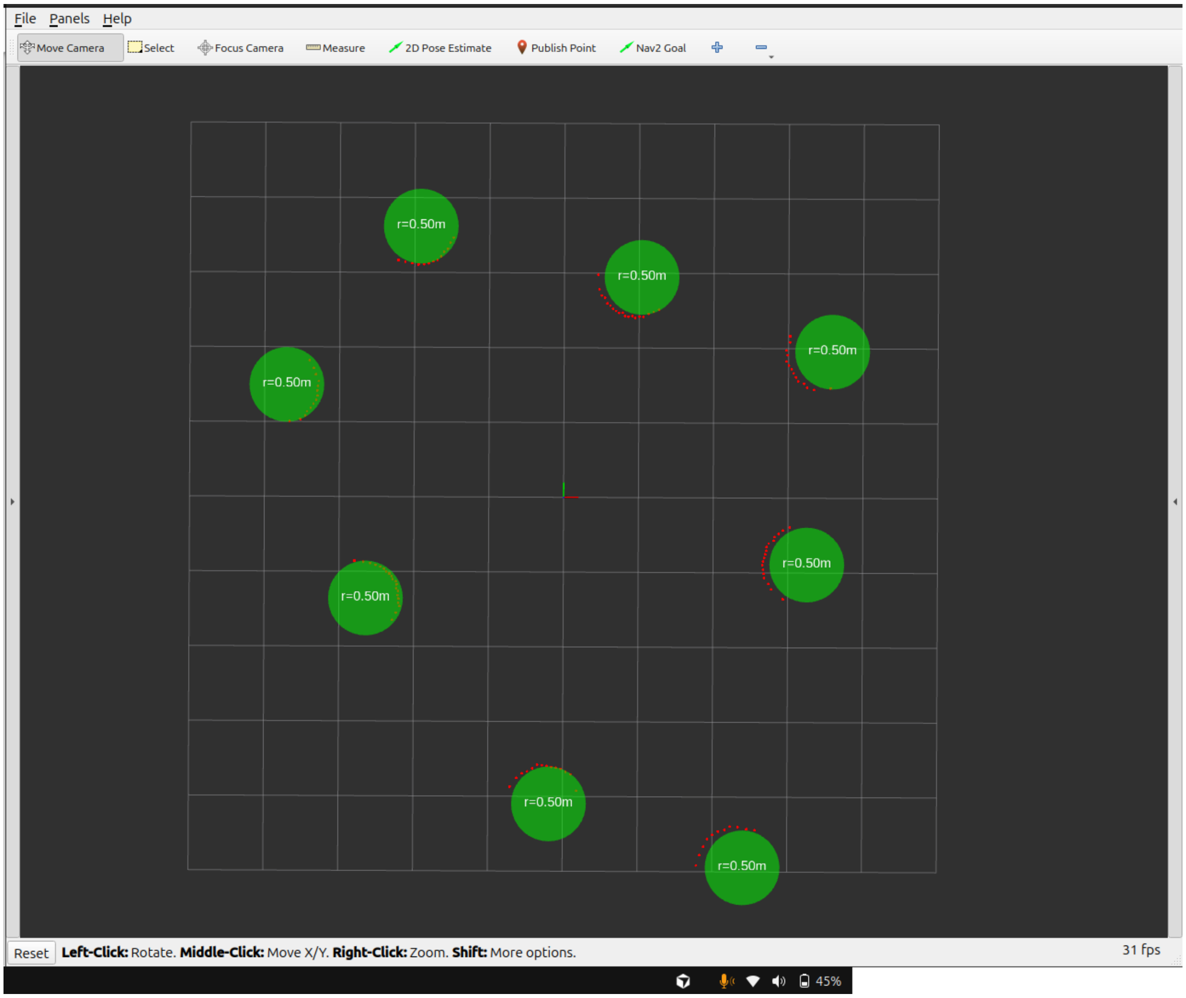


Figure 9: Posición estimada de los cilindros