

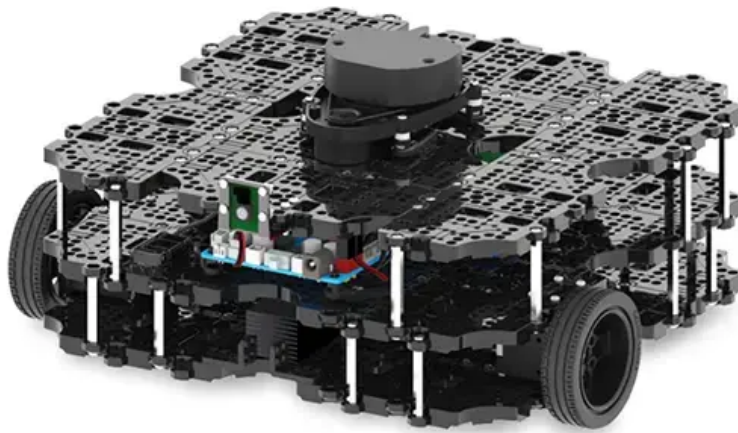
TRABAJO 1: NAVEGACIÓN GEOMÉTRICA

Víctor Rosillo Suero

Alejandro Ortega Domingo

José Pablo Palmero Ramos

08/03/2025



Contents

1	Introducción:	3
2	Objetivos:	3
3	Desarrollo:	3
3.1	Algoritmo basado en fronteras:	3
3.2	Condición de parada:	4
3.3	Bucle principal de exploración:	4
4	Resultados de la exploración:	5
4.1	Escenario 1	5
4.2	Escenario 2	5
4.3	Escenario 3	6
4.4	Estudio	6

1 Introducción:

En este trabajo se describe el desarrollo de un algoritmo de exploración en entornos desconocidos. En este caso, se emplea para obtener el mapa de ocupación final en cuatro entornos o escenarios que han sido proporcionados por el profesor. También ha sido implementado una condición de parada, y una serie de herramientas para obtener las métricas o resultados de cada una de las cuatro exploraciones.

2 Objetivos:

Los objetivos de este proyecto son los siguientes:

- **Diseñar un algoritmo de exploración para 4 escenarios**
- **Especificar una o varias condiciones de parada**
- **Obtener los resultados de exploración en cada uno de los escenarios**

3 Desarrollo:

3.1 Algoritmo basado en fronteras:

El algoritmo seleccionado ha sido el algoritmo basado en fronteras, puesto que es un algoritmo sencillo de implementar, y que proporciona una gran fiabilidad. Se describe el proceso de selección de un objetivo usando este algoritmo:

- **Identificación de fronteras:** Identifica las zonas o puntos del mapa que separan las zonas exploradas de las zonas sin explorar. Estas fronteras son puntos del mapa de ocupancia libres (valor 0), que tienen al menos un punto adyacente inexplorado (valor -1). (Figura 1)
- **Agrupación de fronteras (K-Means):** Este algoritmo utiliza K-means para agrupar estas fronteras calculadas. De forma que agrupa las fronteras por similitud o distancia entre ellas en K grupos o clusters. (Figura 2)
- **Cálculo de los centroides** Una vez agrupadas, calcula el centroide de cada grupo y guarda todos los centroides en una lista. El valor en posición del mapa (x,y) de cada centroide, se analiza posteriormente y se obtiene un centroide como objetivo.
- **Selección del objetivo:** El criterio que se emplea para seleccionar este objetivo es la seguridad de dicho punto. En este caso particular, se comprueba que en un radio de 3 metros no haya ningún obstáculo. Si se cumple esta condición se selecciona como objetivo.

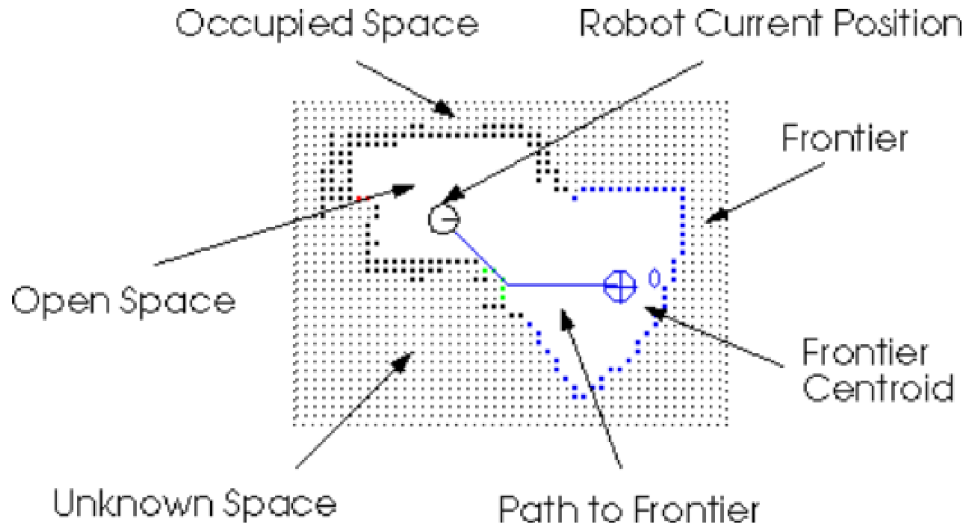


Figure 1: Algoritmo de exploración basado en fronteras

3.2 Condición de parada:

Para obtener las condiciones de parada primero se ha dividido en dos grupos los mapas: en mapas pequeños, con menos de 5000 celdas, y en mapas grandes, con más de 5000 celdas. Existe una condición de parada global que afecta a ambos tipos de mapas, y es la condición de parada temporal. Si el robot lleva más de 5 min explorando ese mapa, automáticamente se detiene la exploración. Y para complementar esta condición global, se ha implementado una condición de parada por porcentaje explorado, el cual se obtiene dividiendo las celdas exploradas entre el total de celdas del mapa. Esta condición cambia su valor en función del tipo de mapa. Para mapas pequeños, el porcentaje mínimo de exploración es del 95%. En cambio, en mapas grandes el porcentaje disminuye considerablemente hasta un valor del 78%. Por lo tanto, si se cumple cualquiera de las dos condiciones de parada, tanto la temporal como la porcentual, el robot se detiene y deja de explorar.

3.3 Bucle principal de exploración:

- Inicialización del nodo: Se inicializa el nodo y se establece un contador de intentos fallidos para la búsqueda de objetivo. Se verifica si el mapa se ha cargado con éxito.
- Obtención de celdas frontera: Se obtienen las celdas frontera y se agrupan en clusters. Para posteriormente generar centroides y obtener un objetivo al que moverse. Todo ello usando K-Means. (Ver Sección 3.1)
- Movimiento hacia el objetivo: Se intenta mover hacia el objetivo. Si lo logra, repite el proceso de obtención de celdas frontera. En caso contrario, se incrementa el contador de intentos fallidos. Si falla 5 veces, utiliza el

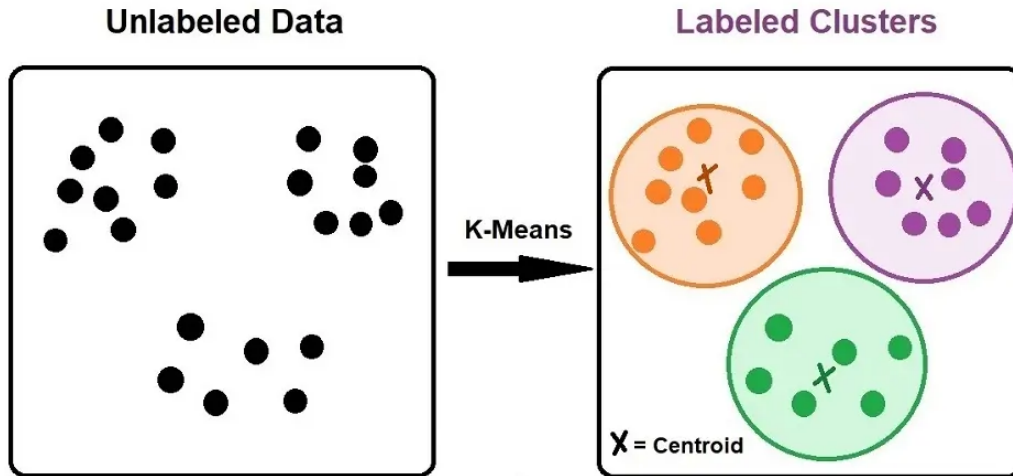


Figure 2: Proceso de división y obtención de centroides

objetivo anterior. Y si no hay objetivos anteriores disponibles, finaliza la exploración. (no suele ocurrir)

- Condición de parada: Cuando se cumple una de las condiciones de parada detiene la exploración.

4 Resultados de la exploración:

EL proceso de mapeado es el mismo para todos los escenarios, se carga el entorno en gazebo y se introduce el robot. Una vez generado, se lanza el nodo de exploración, y posteriormente se guarda el mapa de ocupancia en formato .pgm. En esta sección se muestran los resultados finales para cada uno de los mapas.

4.1 Escenario 1

Se trata de un apartamento con solo dos habitaciones, un salón y una cocina. La dificultad de este mapa reside en el espacio que hay en la parte inferior de la escalera.

Para el primer escenario los resultados son los siguientes: Explora un **80%** del mapa, y el tiempo de exploración es de **1 min.** (Figura 4)

4.2 Escenario 2

Se trata de una apartamento, esta vez con una dimensión mayor y de una sola planta. En este caso, la cocina esta conectada con el salón y hay un baño y un dormitorio en esa misma planta (Figura 5).

La dificultad que tuvo el algoritmo fue entrar al dormitorio. Por ello, esta



Figure 3: Escenario 1 en el simulador gazebo

exploración se termina a los **5 min** por condición temporal de parada, logrando explorar un **80%** del total del mapa. (Figura 6)

4.3 Escenario 3

Se trata de un apartamento con una pared lateral curva, que genera una discontinuidad en el entorno. Además de tener un pasillo que complica la exploración del robot.(Figura 7)

En este mapa se vuelve a cumplir la condición de parada por tiempo a los **5 min**. Y el porcentaje explorado es de un **67 %** aproximadamente. (Figura 8)

4.4 Estudio

Se trata de un apartamento con una pequeña despensa, y con una gran cantidad de muebles a diferencia de los otros escenarios. Siendo la zona de la cocina la más complicada para el robot a la hora de explorarla.(Figura 7)

En este mapa también se cumple la condición de parada por tiempo a los **5 min**. Y el porcentaje explorado es de un **65 %** aproximadamente. (Figura 8)

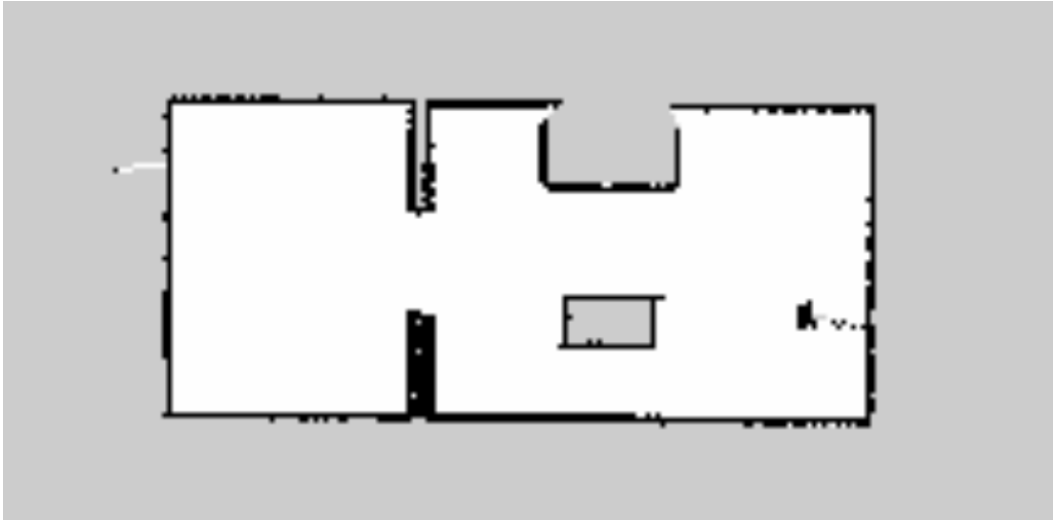


Figure 4: Mapa de ocupancia del primer escenario



Figure 5: Escenario 2 en el simulador gazebo

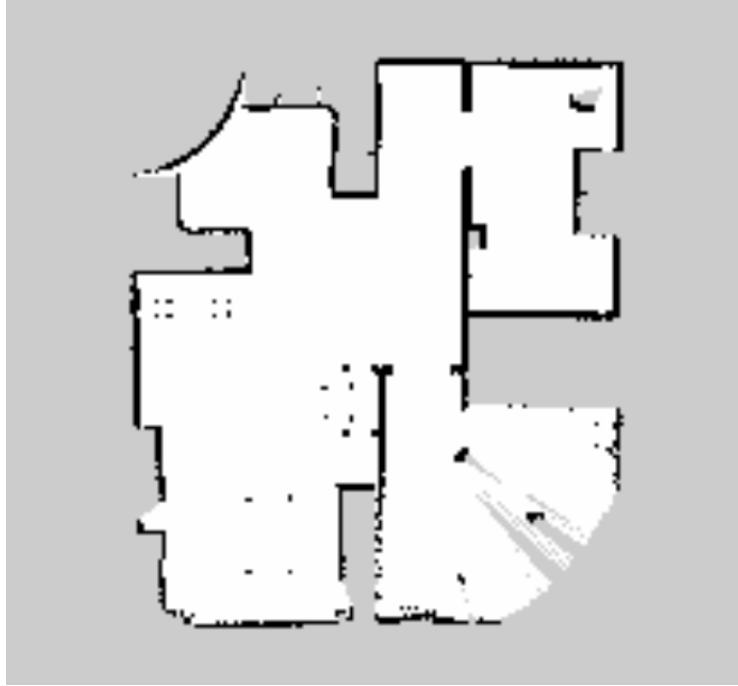


Figure 6: Mapa de ocupancia del segundo escenario

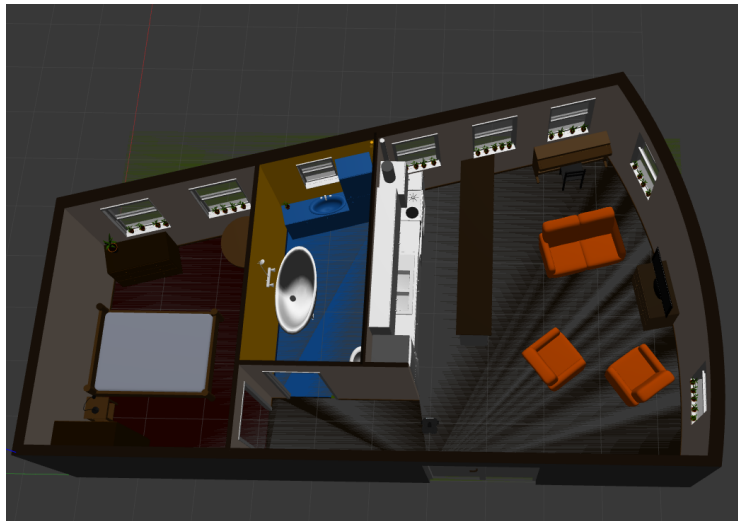


Figure 7: Escenario 3 en el simulador gazebo

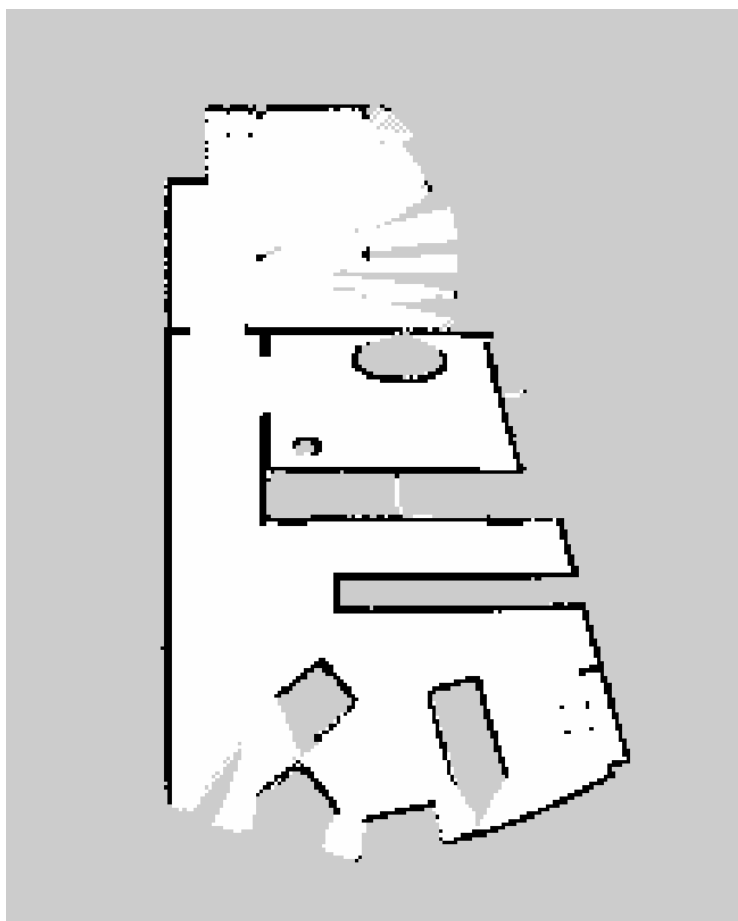


Figure 8: Mapa de ocupancia del tercer escenario

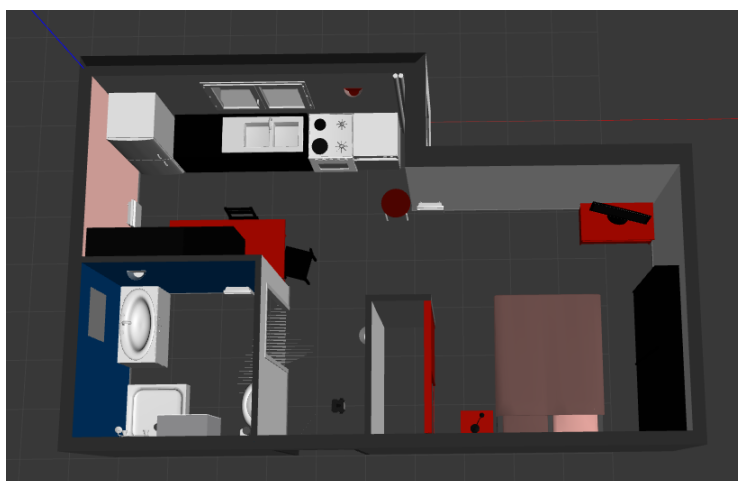


Figure 9: Estudio en el simulador gazebo

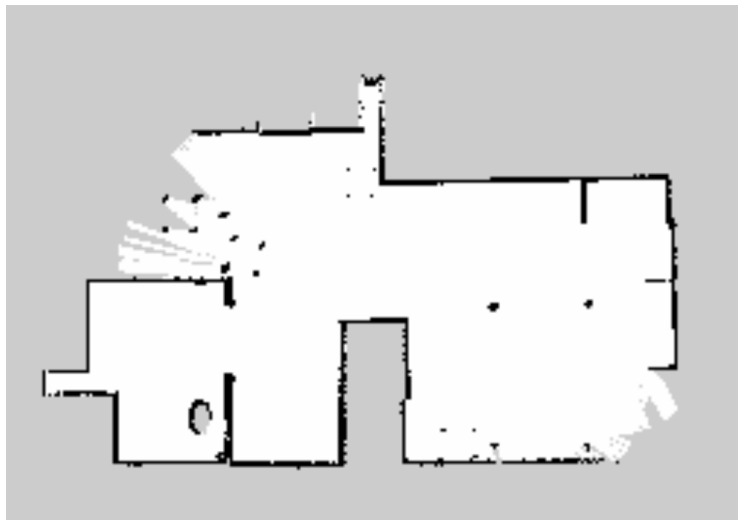


Figure 10: Mapa de ocupancia del estudio