Algoritmo de navegación

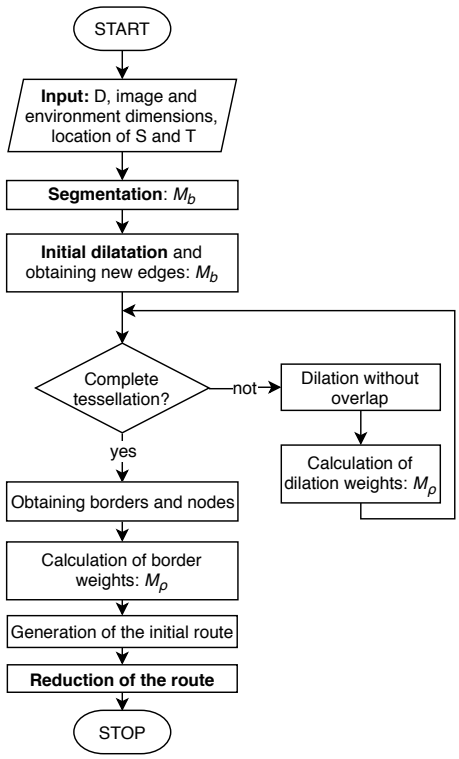


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso realizado

El algoritmo diseñado realiza la teselación del entorno, determina una ruta opcional y por último, reduce dicha ruta (ver figura 1). Los pasos se explican a continuación.

1. Teselar el entorno y determinar la matriz de pesos M_ρ

El proceso de teselado del entorno se realiza de la siguiente forma.

1. Ingresar el diámetro máximo del robot D, las dimensiones reales del entorno, la imagen del entorno con los obstáculos en color blanco y el resto en negro, el punto de inicio (S) y el de llegada (T) (ver figura 2a).
2. *Segmentar* la imagen del entorno, y obtener la matriz M_b con la información de los píxeles en blanco o negro.

3. Realizar la *dilatación inicial* de los obstáculos una distancia $D/2$ y actualizar la matriz M_b. Este paso garantiza que no se presenten colisiones entre el robot y los obstáculo al determinar las rutas (ver figura 2b).
4. *Teselar* el entorno expandiendo por frentes de onda los bordes de los obstáculos y contrayendo las fronteras del entorno, en cada caso, se realizan iteraciones verificando si el píxel contiguo al borde del obstáculo se ha expandido, este proceso se realiza así:
   - Si el píxel no se ha expandido, expandir el borde y asociar al píxel el numero de dilataciones ρ requerido para llegar hasta él. Guardar la coordenada del píxel y su valor ρ en la matriz M_ρ. En adelante ρ se denominará *peso*.
   - Si el píxel ya se expandió, detener la expansión y se actualizan los valores de M_ρ.

   Al tiempo y de forma similar, se contraen las fronteras del entorno, la figura 2c muestra una condición intermedia en el proceso de teselado y la figura 2d, las teselas finales. Al finalizar el teselado, la matriz M_ρ contiene las coordenadas y pesos de los píxeles en las fronteras de las teselas.
5. Determinar los puntos de intersección de tres o más teselas, en adelante dichos puntos se denominaran *nodos* y su ubicación se representa como $\eta_i(f_i, c_i)$, donde f_i y c_i representan la fila y la columna del nodo η_i en la matriz M_ρ. Los nodos y las fronteras de las teselas se aprecian en la figura 2e. Al representar las zonas de mayor peso en tonos claros, se obtiene la figura 2f.

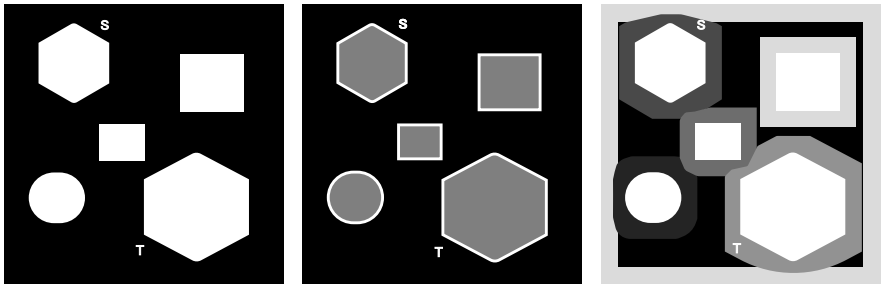
Dado que el método permite obtener fronteras con peso, es posible ... . Las fronteras con pesos altos indican .... Comparar con otros métodos que no usan fronteras con peso.

2. Determinación de la ruta empleando el método de Bezier

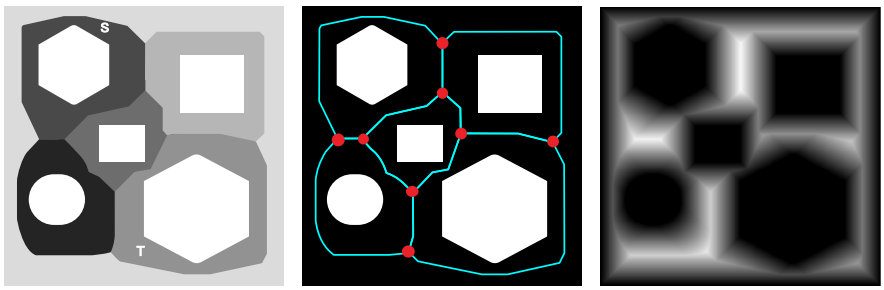
1. Se determina una ruta inicial tomando en cuenta los pesos ρ y la distancia de cada nodo al objetivo. Ver figura 4a.
2. Si es posible unir lo nodos, se unen. De lo contrario, se hace bisección entre nodos. Ver figura 4b.
3. Unir los puntos extremos de la ruta anterior a los nodos más lejanos posibles. Primero de start a target y luego en sentido contrario. Ver figura 4c.
4. Si los nodos no se actualiza, se detiene.
5. Determinar nodos finales, que estarán sobre la frontera de las teselas.
6. Determinar los puntos de control.

A continuación se describe paso a paso la forma como funciona el algoritmo a partir del entorno observado en la Figura **??**, los puntos rojos representan los puntos de origen y destino.

A continuación se realiza un proceso de *reducción* sobre la ruta inicial con el fin de hacerla mas simple, el proceso se ilustra en el diagrama de flujo de la fig. 6 y se explica a continuación:

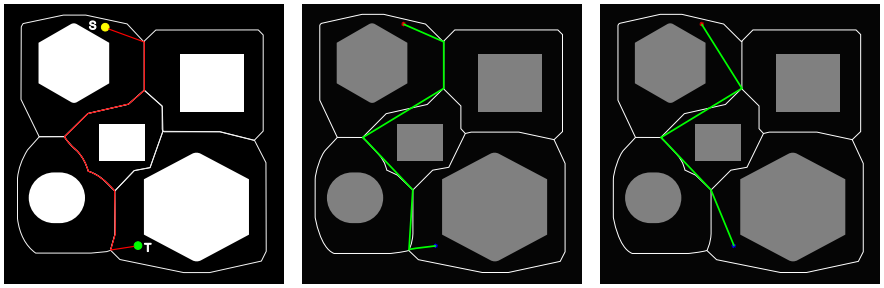


(a) Entorno (b) Dilatación inicial de obstáculos en $D/2$ (c) Expansión intermedia

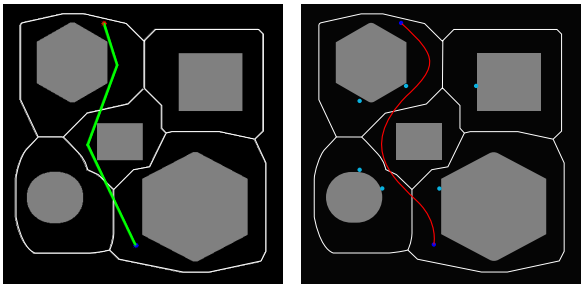


(d) Teselas finales (e) Fronteras y nodos (f) Pesos ρ en las fronteras

Figura 2. Proceso de teselado que permite obtener fronteras con peso ρ

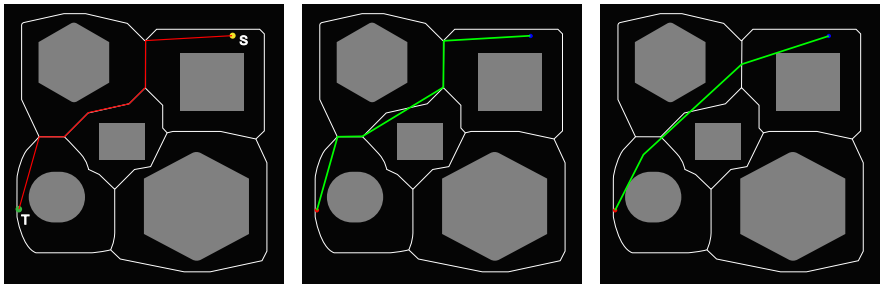


(a) Ruta inicial (b) (c)

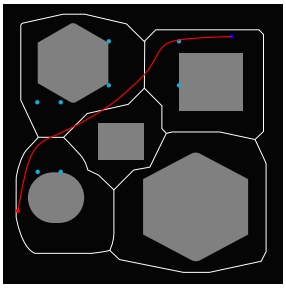


(d) (e) Ruta final

Figura 3. Determinación de la ruta final por medio del proceso de reducción



(a) Ruta inicial (b) (c)



(d) Ruta final

Figura 4. Determinación de la ruta final por medio del proceso de reducción

3. Ruta inicial y reducción de la ruta

El proceso para determinar la ruta se explica a continuación:

1. Basados en los pesos ρ de los puntos sobre las fronteras de las teselas, se genera una posible ruta inicial (ver la figura 6a).
2. Determinar el numero de nodos N sobre la trayectoria definida anteriormente.
3. Determinar el nodo más cercano a S, (η_S) y el nodo más cercano a T, (η_T). Para esto, se emplea la distancia euclidiana sobre la trayectoria inicial.
4.
5. Los nodos se definen como los puntos de intersección de tres o más teselas, en este paso se determina la ubicación de los *nodos* $\eta_i(f_i, c_i)$, donde f_i y c_i representan la fila y la columna del nodo η_i en la matriz M_ρ. El total de nodos presentes en una ruta se denota por G.
6. Determinar el nodo más cercano a S, (η_S) y el nodo más cercano a T, (η_T). Para esto, se emplea la distancia euclidiana.
7. Se inicia con $i = 0$.
8. Hacer $\eta_i = \eta_S$ y $\eta_i^{'} = \eta_{i+2}$.

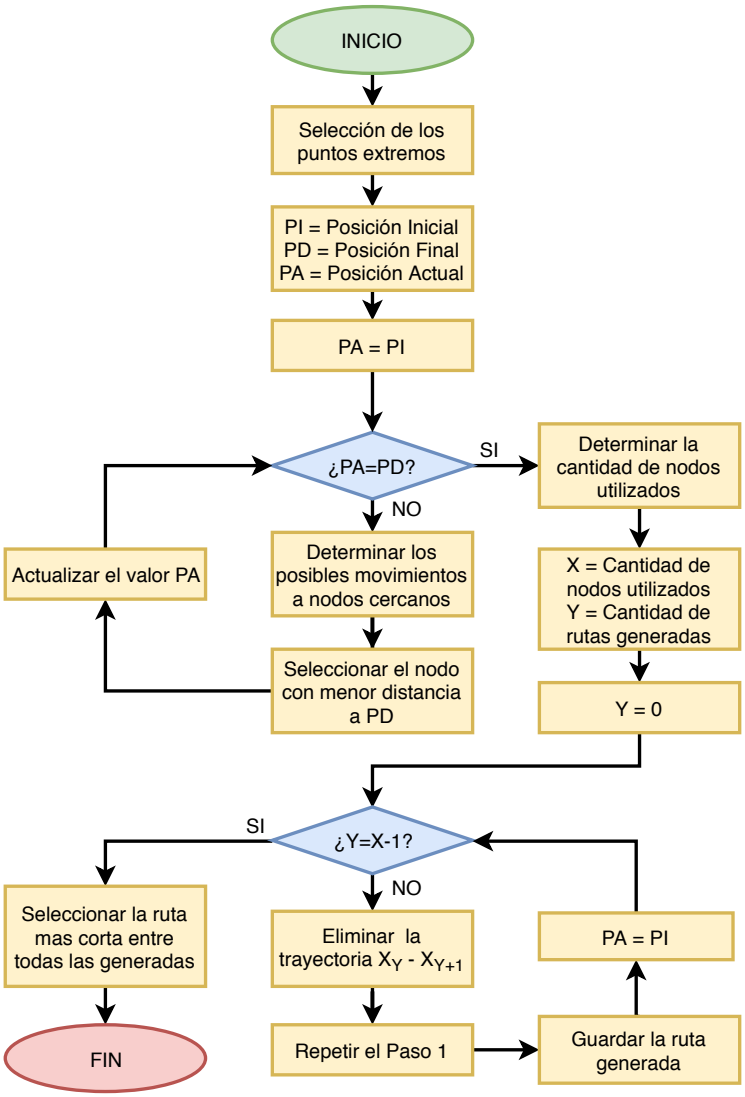


Figura 5. Diagrama de flujo para la reducción de la ruta.

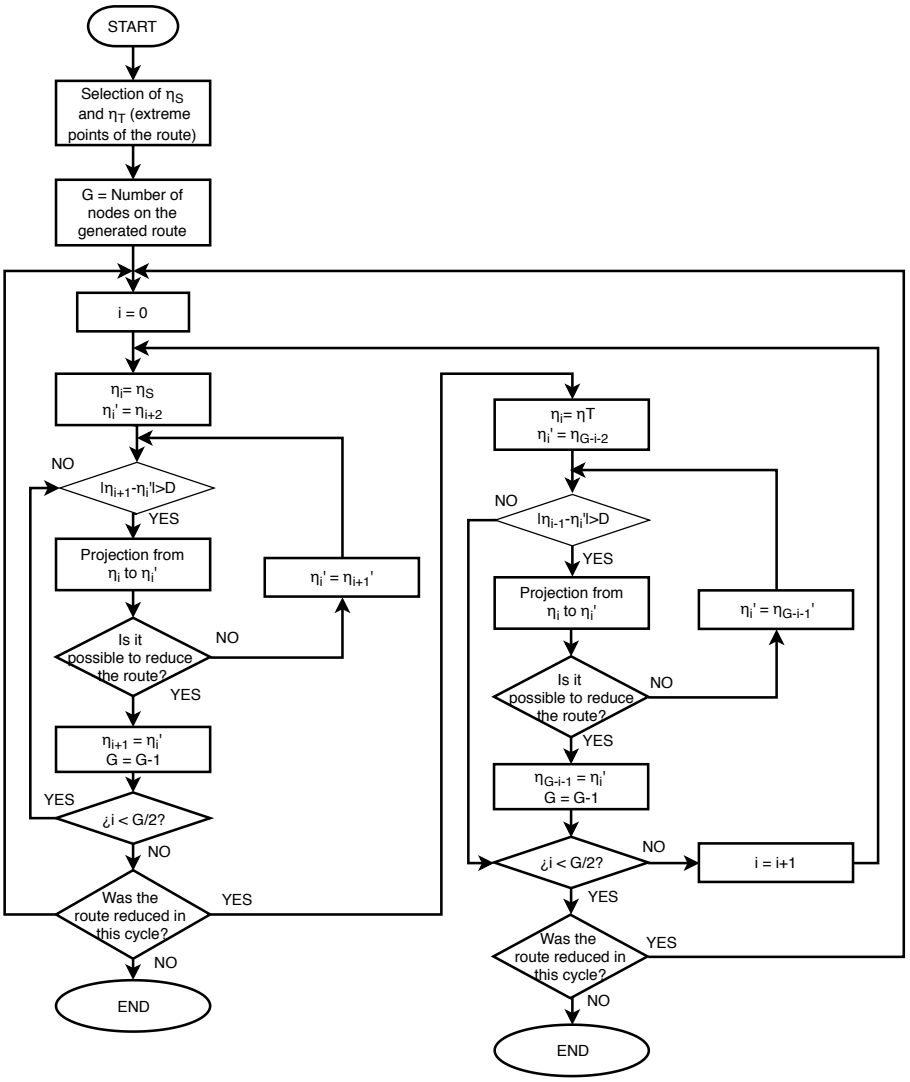


Figura 6. Diagrama de flujo para la reducción de la ruta.