

Capítulo 6

Pruebas

6.1 Diseño de Pruebas

Para medir el desempeño de nuestra aplicación, se diseñaron una serie de pruebas con el propósito de determinar la estrategia más adecuada para la construcción del mapa, utilizado por el método PRM en la planeación de rutas. Los aspectos que se consideraron para estas pruebas fueron el tiempo requerido para la construcción del mapa, el tamaño del mapa generado, el tiempo que demora realizar una consulta, y la calidad de las rutas generadas. Para medir cada uno de estos aspectos se realizaron las pruebas que se describen a continuación.

Prueba 1: Construcción del mapa

El objetivo de esta prueba fue medir el tiempo dedicado a la construcción del mapa y su tamaño en términos del número de nodos, aristas y componentes conexos. Para llevar a cabo esta prueba seleccionamos seis escenarios de diferente complejidad, con los que construimos tres mapas para cada escenario. Para la construcción de cada mapa se utilizaron los mismos parámetros de construcción y se seleccionó una estrategia diferente para la conexión de nodos. Los escenarios seleccionados para esta prueba y las estrategias de conexión consideradas se muestran en la figura 6.1 y en la tabla 6.1, respectivamente.

En esta prueba, uno de los pasos más importantes fue la selección de los parámetros para la construcción de los mapas, ya que de esto, dependía la realización exitosa de las pruebas restantes. Esta selección se hizo de forma empírica, y por esta razón, en nuestras primeras elecciones, los mapas obtenidos no tenían las características deseadas:

- **Cobertura:** que el mapa fuera accesible desde cualquier parte del espacio de trabajo.
- **Conectividad:** que el mapa capturara la conectividad del espacio de trabajo, de manera que el número de componentes fuera el mínimo, siendo lo ideal un solo componente.

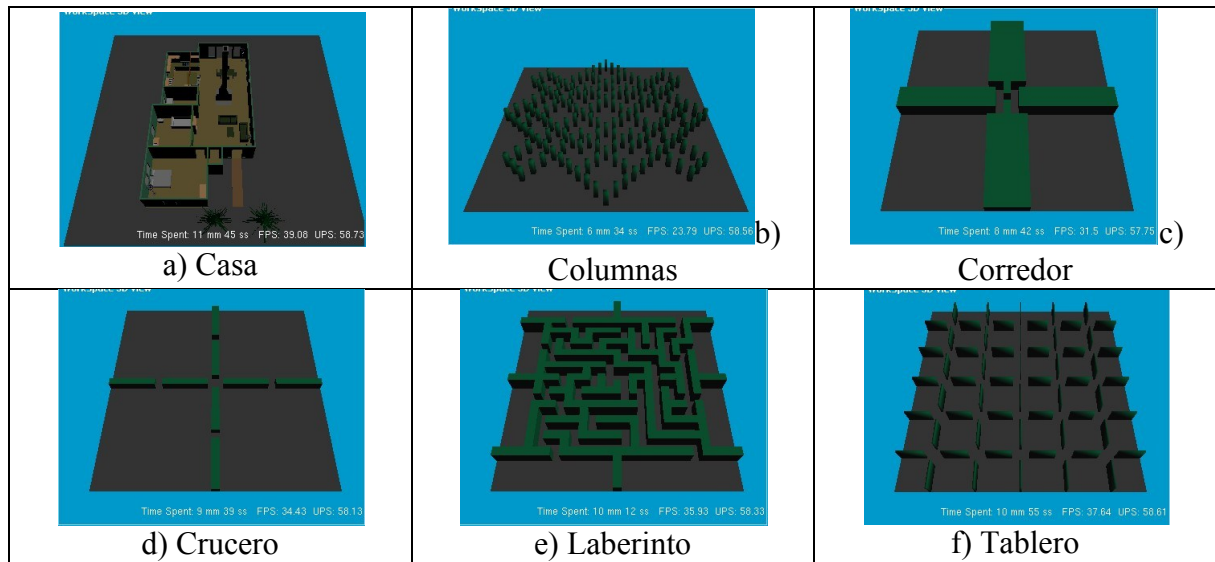


Figura 6.1: Escenarios seleccionados para la fase de pruebas.

Estrategia	Descripción
Más Cercanos	Cada nodo se conecta con un máximo de 10 nodos dentro de su vecindario.
Por Componente	Con esta estrategia, los nodos se conectan sólo si pertenecen a diferentes componentes del mapa.
Mixta	Esta estrategia es una mezcla de las dos anteriores. Primero se generan la mitad de los nodos y se conectan por componente, después, se generan la otra mitad de nodos y se les conectan con los 5 nodos más cercanos.

Tabla 6.1: Estrategias para la conexión de nodos.

Para lograr las características deseadas, utilizamos diferentes valores para los parámetros de construcción. Los parámetros de construcción que más variamos fueron el número de configuraciones generadas (Samples) y el radio del vecindario para seleccionar a los nodos candidatos a ser conectados (Neighbourhood Radio). En el caso del primer parámetro, éste afecto principalmente en la cobertura del grafo, mientras que el segundo, afecto el número de componentes en el mapa, y también, el tiempo de construcción. Esto se

debe a que al considera un valor mayor para el radio del vecindario, aumenta el número de nodos candidatos a ser conectados, y con esto, la probabilidad de unir diferentes componentes del grafo es mayor, pero también se requiere más tiempo para detección de colisiones, y esto último afecta de forma considerable el tiempo de construcción del mapa. Un ejemplo de los primeros mapas obtenidos se muestra en la figura 6.2.

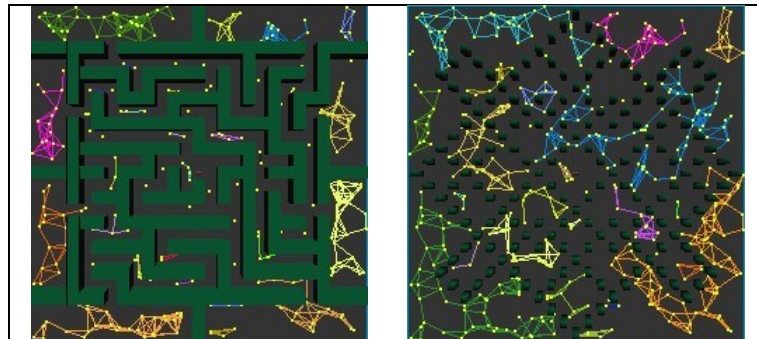


Figura 6.2: Ejemplo de los primeros mapas construidos.

Como podemos observar en estas imágenes, el número de componentes en cada mapa fue muy alto, y por esta razón, continuamos ajustando los valores de los parámetros de construcción hasta que llegamos a la selección de los valores que se muestran en la tabla 6.2.

Parámetro	Valor Seleccionado
Samples	4000
Step Size	0.1
Neighbourhood Radio	2.0
Distance Threshold	0.01

Tabla 6.2: Parámetros para la construcción de los diferentes mapas.

Para llegar a estos valores, iniciamos con un valor de 10 para el radio del vecindario y de 2000 configuraciones a generar, sin embargo, la construcción de uno de los mapas para el escenario de las columnas se demoró más de 30 minutos, y por esta razón, descartamos estos valores. Para reducir el tiempo de construcción, se redujo el radio del vecindario a un valor de 5, y para compensar, se aumentó el número de configuraciones a 3000, pero aun así, el tiempo de construcción para el escenario de las columnas seguía en

más de 30 minutos, por lo que nuevamente, nos vimos en la necesidad de ajustar los parámetros de construcción.

De nuestra experiencia en la selección de los parámetros, el más determinante para el tiempo de construcción fue el radio del vecindario. Nuestra intención al iniciar con un valor de 10 para este parámetro fue que las rutas generadas estuvieran formadas por una secuencia de pocas configuraciones, de manera que las aristas entre ellas fueran más o menos largas. Sin embargo, al ver que la construcción de uno de los mapas para el escenario de las columnas se demoraba más de lo que esperábamos y que el porcentaje de avance reportado por la aplicación era muy bajo, nos obligó a reconsiderar nuestra elección. Finalmente, el radio del vecindario se fijó en 2 y el número de configuraciones quedó en 4000, mientras que el resto de los parámetros se mantuvo en los valores que aparecen en la tabla 6.2.

Prueba 2: Consultas al mapa

El objetivo de esta prueba fue medir el tiempo requerido para realizar una consulta. Para llevar a cabo esta prueba se definieron 8 consultas en las que se requería que el actor digital se desplazara de extremo a extremo del espacio de trabajo en diferentes direcciones. Cada consulta se repitió 20 veces, y con esto obtuvimos el tiempo promedio para cada consulta. Posteriormente, se promedió el tiempo en que se realizaron las 8 consultas y con esto se obtuvo el tiempo de consulta para cada mapa. Las consultas utilizadas en esta prueba se muestran en la tabla 6.3.

Prueba 3: Análisis visual de las rutas generadas

El objetivo de esta prueba fue determinar con qué estrategia se generan las rutas más parecidas a las que seguiría una persona real en escenarios similares a los que se seleccionaron. Para llevar a cabo esta prueba, seleccionamos las rutas generadas para la consulta número 7, y mediante un análisis visual elegimos la estrategia que produjo las rutas más parecidas a la forma deseada para dicha consulta.









No.	Forma Esperada	Consulta
1		path (12.5 0.0 12.5) (12.5 0.0 -12.5)
2		path (-12.5 0.0 -12.5) (-12.5 0.0 12.5)
3		path (12.5 0.0 -12.5) (-12.5 0.0 -12.5)
4		path (-12.5 0.0 12.5) (12.5 0.0 12.5)
5		path (12.5 0.0 12.5) (-12.5 0.0 -12.5)
6		path (12.5 0.0 -12.5) (-12.5 0.0 12.5)
7		path (12.5 0.0 12.5) (-12.5 0.0 12.5) (12.5 0.0 -12.5) (-12.5 0.0 -12.5)
8		path (-12.5 0.0 -12.5) (-12.5 0.0 12.5) (12.5 0.0 -12.5) (12.5 0.0 12.5)

Tabla 6.3: Consultas utilizadas para la fase de pruebas.

6.2 Resultados de las pruebas

Resultados prueba 1: construcción del mapa

El tamaño de los mapas construidos en esta prueba se resume en la tabla 6.4. El número de nodos para cada mapa se mantiene constante y es independiente de la estrategia de conexión seleccionada debido a que para todos se eligió generar 4000 configuraciones. En cambio, el número de aristas y componentes conexos (CC) del mapa varía de acuerdo a la estrategia.

Escenario	Nodos	Más Cercanos		Por Componente		Mixta	
		Aristas	CC	Aristas	CC	Aristas	CC
Casa	3438	16560	1	3437	1	8414	5
Columnas	3322	15796	1	3321	1	8078	4
Corredor	2919	14090	1	2918	1	7164	4
Crucero	3625	17539	1	3624	1	8906	4
Laberinto	2153	10006	3	2151	2	5139	6
Tablero	3374	16170	1	3373	1	8208	4
Promedio	3138.50	15026.83	1.33	3137.33	1.17	7651.50	4.50

Tabla 6.4: Tamaño de los mapas construidos.

Considerando el número de aristas, los mapas más pequeños se construyen con la estrategia por componente, mientras que los más grandes se construyen con la estrategia de conexión con los nodos más cercanos. En cambio, con la estrategia mixta se generan mapas de tamaño intermedio.

En cuanto al número de componentes conexos, la estrategia de conexión con los nodos más cercanos y la estrategia por componente tienen un valor muy cercano a uno, lo que nos indica una gran probabilidad de encontrar la respuesta a una consulta determinada.

Con respecto al tiempo de construcción, éste se muestra en la tabla 6.5 y se reporta en segundos. Del tiempo de construcción del mapa, gran parte se dedica a la detección de colisiones. El tiempo de detección de colisiones (TDC) y el porcentaje con respecto al tiempo de construcción (%DC) se muestran en la tabla 6.6.

Escenario	Más Cercanos	Por Componente	Mixta
Casa	127.63	9.77	186.81
Columnas	1479.91	50.07	2073.71
Corredor	31.80	11.87	21.82
Crucero	28.66	16.54	68.61
Laberinto	120.47	11.67	200.47
Tablero	250.11	21.39	365.89
Promedio	339.76	20.22	486.22

Tabla 6.5: Tiempo dedicado a la construcción del mapa.

Escenario	Más Cercanos		Por Componente		Mixta	
	TDC	%DC	TDC	%DC	TDC	%DC
Casa	122.85	96.25	2.97	30.40	179.12	95.88
Columnas	1462.79	98.84	36.22	72.34	2048.20	98.77
Corredor	24.57	77.27	0.84	7.06	16.17	74.08
Crucero	23.25	81.12	1.29	7.80	55.21	80.47
Laberinto	116.12	96.38	6.28	53.79	193.70	96.62
Tablero	239.24	95.65	8.14	38.07	349.32	95.47
Promedio	331.47	90.92	9.29	34.91	473.62	90.22

Tabla 6.6: Tiempo dedicado a la detección de colisiones.

De las tablas 6.5 y 6.6 podemos observar que la estrategia que requiere mayor tiempo de construcción y de detección de colisiones es la estrategia mixta. Le siguen la estrategia de conexión con los nodos más cercanos y la estrategia por componente.

La figura 6.3 muestra los mapas generados para el escenario del laberinto. En estas imágenes podemos observar la forma de los mapas generados con cada estrategia. Con la estrategia por componentes se genera el mapa más pequeño, seguido por la estrategia mixta y por la estrategia de conexión con los nodos más cercanos. El resto de los mapas son muy similares a los que se muestran en estas imágenes.

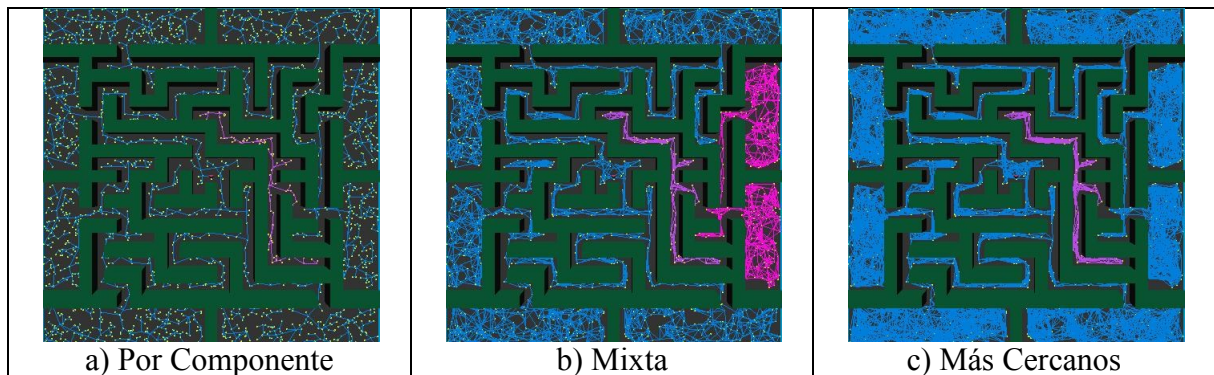


Figura 6.3: Mapas generados para el escenario del laberinto.

Resultados prueba 2: consultas al mapa

Los resultados para esta prueba se resumen en la tabla 6.7. El tiempo de consulta (TC) se obtuvo al promediar el tiempo en que se realizaron las 8 consultas para cada mapa. El porcentaje de tiempo dedicado a las consulta (%TC) se calculó comparando el tiempo de consulta con el tiempo de construcción que se muestra en la tabla 6.5.

Como podemos observar en la tabla 6.7, el tiempo en que se lleva a cabo una consulta es muy pequeño comparado con el tiempo que se invierte en la construcción del mapa, y varía ligeramente entre una estrategia de conexión y otra. El menor tiempo de consulta se obtuvo con la estrategia de conexión con los nodos más cercanos, seguida de la estrategia mixta y de la estrategia por componente.

Escenario	Más Cercanos		Por Componente		Mixta	
	TC	%TC	TC	%TC	TC	%TC
Casa	0.80	0.62	1.32	13.47	0.79	0.42
Columnas	1.32	0.09	1.08	2.16	1.05	0.05
Corredor	0.98	3.09	0.80	6.73	0.96	4.38
Crucero	1.39	4.85	1.10	6.67	1.27	1.85
Laberinto	0.45	0.37	0.36	3.05	0.43	0.21
Tablero	1.17	0.47	1.09	5.10	1.24	0.34
Promedio	1.02	1.58	0.96	6.20	0.96	1.21

Tabla 6.7: Tiempo dedicado a la fase de consulta.

Resultados prueba 3: análisis visual de las rutas generadas

En la figura 6.4 se muestran las rutas generadas para la consulta número 7 con cada uno de los escenarios que consideramos en la prueba 1.

De estas imágenes, podemos ver que los mejores resultados en todos los escenarios se obtienen con la estrategia de conexión con los nodos más cercanos. Las rutas generadas con esta estrategia se caracterizan porque los segmentos que la conforman forman una línea casi perfecta, de manera que sus vértices prácticamente no se notan. La calidad de estas rutas se obtiene a cambio de un mapa de mayor tamaño, lo que implica que el tiempo de construcción será mayor, ya que con más nodos y aristas se requieren más pruebas de detección de colisiones. Además, el tiempo de consulta para los mapas generados con esta estrategia fue ligeramente mayor al de los otros mapas, por lo que la diferencia entre ellos fue prácticamente imperceptible.

Con la estrategia mixta, los resultados obtenidos son similares a los que se obtuvieron con la estrategia de conexión con los nodos más cercanos. Sin embargo, en estas rutas se pueden observar fácilmente los vértices entre un segmento y otro. Esto hace que su apariencia sea más áspera, aunque su forma sigue siendo una buena aproximación a la forma esperada. Además, en algunos casos, las rutas generadas con esta estrategia son suficientemente adecuadas para el escenario, como en el caso de las columnas, el corredor, el laberinto y el tablero. En otros casos, la ruta generada presenta segmentos inesperados, como en el caso del crucero, en donde el segmento que une la esquina superior izquierda

con la esquina superior derecha pasa por el centro del escenario. En este caso, hubiéramos esperado que la ruta pasara por el pasillo que hay entre los obstáculos que aparecen en la parte superior de la imagen, y no fue así. Como esperábamos, esta estrategia nos brinda lo mejor de las otras dos, pues en general obtenemos buenas rutas con un mapa de tamaño medio y un tiempo de consulta bajo.

Por último, la estrategia de conexión por componente resultó ser la menos adecuada para la planeación de rutas para un actor digital. Las rutas generadas con esta estrategia, además de ser las más ásperas, son las más irreales. Por ejemplo, en el escenario de la casa, la ruta generada es muy larga, pues prácticamente rodea la casa por completo para ir de la esquina inferior derecha a la esquina inferior izquierda. En otros casos, como en el del laberinto, la ruta generada por esta estrategia es muy similar a las rutas generadas con las otras dos. Esto sugiere que en escenarios en donde la mayor parte del espacio de trabajo está ocupada por obstáculos, la estrategia de conexión por componentes es suficiente para capturar la conectividad del espacio de trabajo, mientras que el tamaño del mapa se mantiene reducido. Finalmente es importante resaltar que con todas las estrategias se obtuvo una respuesta a las consultas seleccionadas.





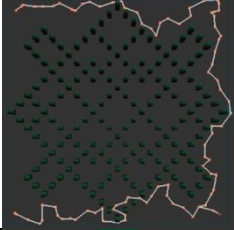
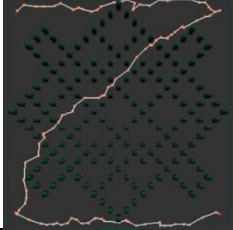
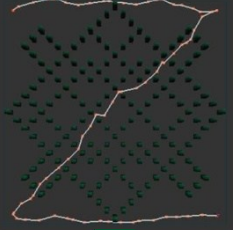
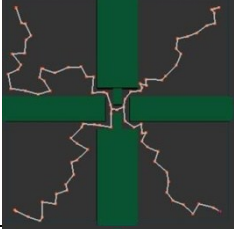
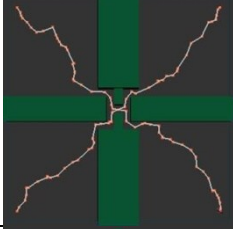
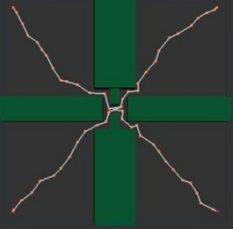
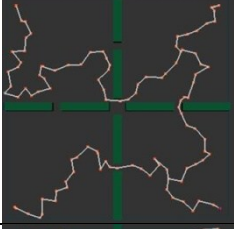
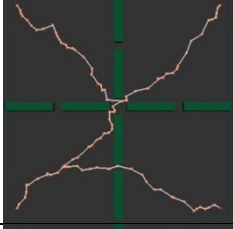
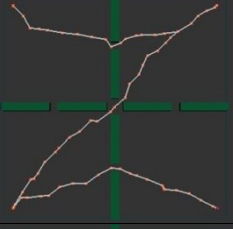



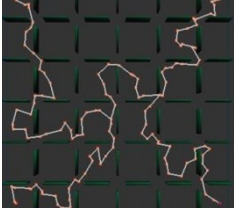

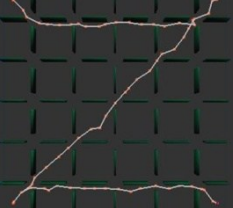
Forma Esperada 	Por Componente	Mixta	Más Cercanos
Casa			
Columnas			
Corredor			
Crucero			
Laberinto			
Tablero			

Figura 6.4: Rutas generadas para cada escenario.